

## 明 細 書

## 送信器、電界通信トランシーバおよび電界通信システム

## 技術分野

[0001] 本発明は、電界伝達媒体に電界を誘起し、この誘起した電界を用いて情報の送受信を行う通信で用いる送信器、電界通信トランシーバおよび電界通信システムに関する。

## 背景技術

[0002] 携帯端末の小型化および高性能化により、生体に装着可能なウェアラブルコンピュータが注目されてきている。従来、このようなウェアラブルコンピュータ間の情報通信として、コンピュータに電界通信トランシーバを接続して一体に構成し、この電界通信トランシーバが誘起する電界を、電界伝達媒体である生体の内部に伝達させることによって、情報の送受信を行う方法が提案されている(例えば、特開2004-153708号公報、米国特許出願公開第2004/009226号明細書)。

[0003] ここで、図1に示すのは、従来の技術によるトランシーバと送信器(送信部)および生体の回路モデルである。送信回路105は、I/O回路102から出力された送信すべき情報(データ)を変調回路115にて所定の周波数 $f$ で変調し出力する。ここで、送信回路105は大地グランド116から離れており、送信回路のグランド108と大地グランド116間には浮遊容量109が生じる。なお、 $R_s$  113は送信回路105の出力抵抗である。

[0004] また、送信回路105のグランド41と生体9の間には浮遊容量107が生じ、生体104と大地グランド116間には浮遊容量110が生じる。生体104と携帯端末100とは送信電極111と絶縁体112とを介して接続している。これらの浮遊容量と共振現象を起こし生体に印加される電圧を大きくするために、リアクタンス部106が送信回路と送受信電極の間に挿入されている。また、大地グランドから浮遊した電界通信用の電界通信トランシーバにおいて、浮遊容量が変動しても電界を効率よく人体に誘起するため、送受信電極と送信回路の間に可変リアクタンスを挿入し、振幅モニタ部と制御信号発生部により可変リアクタンスのリアクタンス値を調整することが知られている(上記特

許文献を参照)。

[0005] 図1に参照されるような回路を用いた場合に、その共振時に生体に印加される電圧の振幅  $|V_b|$  は以下の式で表される。

[数1]

$$|V_b| = \frac{1}{2_{nf} R_s \{C_b + C_{sb} (1 + C_b/C_g)\}} |V_s| \quad (14)$$

[0006] ここで  $R_s$  は送信回路の出力抵抗、 $|V_s|$  は送信回路の出力信号の振幅を表している。また、浮遊容量107、109、110の値をそれぞれ  $C_{sb}$ 、 $C_g$ 、 $C_b$  とした。

[0007] 携帯端末100の小型化のためにトランシーバ101または送信器を薄くすると  $C_{sb}$  が増加し、式(14)より生体に印加できる電圧の振幅  $|V_b|$  が小さくなる。このため小型トランシーバまたは送信器では十分な電圧の振幅がとれず、通信が難しくなっていた。

[0008] 図2は、可変リアクタンスを用いた場合の構成図である。図2において、人体などの生体131に接触する絶縁体133と、この絶縁体133に絶縁された送受信電極132と、外部の図示しない情報処理装置との間でデータ交換を行うためのI/O回路30と、が示されている。

[0009] また、図2には、データの送受信を行うための構成として、送信回路134と、スイッチ135と、可変リアクタンス部136と、電界検出光学部137と、信号処理部138と、スイッチ139と、復調回路140と、波形整形部141と、振幅モニタ部142と、制御信号発生部143とが示されている。

[0010] 図3に、可変リアクタンスの一例として、可変容量リアクタンスの構成が示されている。

図3において、可変容量リアクタンス部601は、交流信号端子609、610と、インダクタ687と、バッファアンプ686と、バリキャップなどの可変容量ダイオード671と、容量685、690と、抵抗688、691と、を備えている。可変容量ダイオード671とインダクタ687とで共振回路が形成され、可変容量ダイオード671の静電容量は、制御信号入力610から入力された制御信号により変化され、もって、共振周波数が調整可能と

なっている。なお、可変容量ダイオード671は、印加可能な電圧(耐電圧)に制限があるため、この耐電圧を越えた電圧を印加しない範囲で用いなければならない。

[0011] さらに、可変リアクタンスを用いる電界通信トランシーバにおいては、振幅モニタ部、制御信号発生部を用いなければ、リアクタンス値を最適な値、もしくは最適に近い値に調整することは難しい。振幅モニタ部や制御信号発生部を伴う場合には、電界通信トランシーバの回路規模が大きくなり、ウェアラブルコンピュータとの一体化に不都合である。また、消費電力の上昇を招くといった不都合もある。

[0012] 消費電力に関しては、以下のような問題も生じ易い。例えば、電界通信トランシーバは、特定の建物や部屋への入退出の管理に適用される場合がある。この場合、携帯する端末を電池で動作させていると、部屋に入った後電池が切れた場合などに部屋から退出できなくなるため不便であり安全性が低い。

[0013] これを防ぐため、所定の場所において携帯端末(電界通信トランシーバ)へ電力が送電され、これにより携帯端末が起動してデータを送信する機構が必要である。電界通信でこれが可能となればIDカード等の携帯端末をポケットから出さずにゲートの一部に触れただけでゲートを開けることが可能となり利便性が増す。

[0014] 電力が送電され設置端末側トランシーバに図4のトランシーバを使用した場合のシステムを図5に示す。図4のトランシーバ701においては、送信すべき情報(データ)を所定の周波数 $f$ で変調し出力する送信回路703とのグラウンド711と大地グラウンド702とは、離れており、この間には浮遊容量 $C_g$  104が生じている。

[0015] また、送信回路703のグラウンド711と生体700の間には浮遊容量706が生じ、生体700と大地グラウンド702間には浮遊容量 $C_b$  705が生じる。これらの浮遊容量と共振現象を起こし生体に印加される電圧を大きくするために、リアクタンス部710が送信回路703と送受信電極713の間に挿入されている。

[0016] 図5は、図4のトランシーバ701を用いた電力送電を可能とするシステムの概略図である。図5では、送受信電極727と大地グラウンド730間の浮遊容量を $C_{sg}$  724、生体と大地グラウンド間の浮遊容量 $C_b$  723、携帯端末側トランシーバ716のグラウンド725と大地グラウンド730間の浮遊容量を $C_g$  722、携帯端末側トランシーバ716のインピーダンスを $Z_L$  718( $Z_L = R_L + X_L$ )としている。

- [0017]  $C_{sg}$  724と $C_b$  723が小さく無視できる場合では、リアクタンス $X_v$  719と $C_g$  722および $Z_L$  718で直列共振を起こすことで、送電すべき $Z_L$  718の抵抗成分 $\text{Re}[Z_L] = R_L$ に大きな電圧を印加することができる。しかしながら、実際には $C_{sg}$  724と $C_b$  723は大きく無視できないため、 $R_L$ に大きな電圧を印加することが困難であった。
- [0018] 本発明は、上記の課題に鑑みてなされたもので、その目的は、第一に、トランシーバまたは送信器の小型化に伴う送信電極と生体間の浮遊容量の増加に起因した送信電圧の振幅の低下を防止でき、電界伝達媒体に印加される電圧の減少を防止し、電界通信の品質を向上することができる送信器およびトランシーバを提供することにある。
- [0019] 本発明は、また、可変容量ダイオードの耐電圧特性を改善することができ、もって可変容量ダイオードの電気特性に起因する共振の抑制を防止することができ、十分な強度の電界通信を提供することが可能な電界通信トランシーバを提供することを目的とする。
- [0020] また、本発明は、リアクタンス値の補正回路を省略して自己補正を可能とする可変リアクタンス手段を実現し、もって回路規模が小さく低消費電力かつ良好な通信も可能とする、電界通信トランシーバを提供することを目的とする。
- [0021] 本発明は、設置端末側トランシーバから携帯端末側トランシーバに大きな電圧を印加でき、もって携帯端末側トランシーバに電力を送電することができる電界通信トランシーバおよび電界通信システムを提供することを目的とする。

### 発明の開示

- [0022] 課題を解決するために、本発明の第1の態様は、送信すべき情報に基づく電界を電界伝達媒体に誘起し、この誘起した電界を介して送信すべき情報を送信するための送信器であって、送信すべき情報を所定の周波数を有する交流信号によって変調した変調信号を送信するための送信手段と、変調信号に基づく電界を電界伝達媒体に誘起させるための送信電極と、送信手段のグランドと大地グランドとの間に生じる浮遊容量と、電界伝達媒体と送信手段のグランドとの間に生じる浮遊容量と、電界伝達媒体と大地グランドとの間に生じる浮遊容量と、のそれぞれと共振するために送信手段の出力と送信電極との間に設けられた第1のリアクタンス手段と、それぞれの浮遊



容量と共振するために、送信手段の出力と送信手段のグラウンドとの間か、もしくは送信電極と送信手段のグラウンドとの間のいずれかに設けられた第2のリアクタンス手段と、を備える送信器を提供する。

[0023] また、本発明の第2の態様は、第1のリアクタンス手段と第2のリアクタンス手段とのいずれか一方は自身のリアクタンス値を可変可能な可変リアクタンス手段であって、送信手段により電界伝達媒体に印加される送信の電圧が最大となるように可変リアクタンス手段のリアクタンス値を制御するためのリアクタンス制御手段を備える、第1の態様による送信器を提供する。

[0024] また、本発明の第3の態様は、第1のリアクタンス手段と第2のリアクタンス手段との両方は自身のリアクタンス値を可変可能な可変リアクタンス手段であって、送信手段により電界伝達媒体に印加される送信の電圧が最大となるように第1のリアクタンス手段と第2のリアクタンス手段のそれぞれのリアクタンス値を制御するためのリアクタンス制御手段を備える、第1の態様による送信器を提供する。

[0025] また、本発明の第4の態様は、リアクタンス制御手段が、リアクタンス値の調整に用いる調整用信号を発生させるための調整用信号発生手段と、調整用信号発生手段から出力される調整用信号を用いて送信の電圧の振幅を検出するための振幅検出手段と、振幅検出手段で検出した振幅に基づいて第1の可変リアクタンス手段のリアクタンス値を制御する制御信号を出力するための第1の制御信号発生手段と、振幅検出手段で検出した振幅に基づいて第2の可変リアクタンス手段のリアクタンス値を制御する制御信号を出力するための第2の制御信号発生手段と、第1の可変リアクタンス手段のリアクタンス値の制御において振幅検出手段と第1の制御信号発生手段と、を接続し、第2の可変リアクタンス手段のリアクタンス値の制御において振幅検出手段と第2の制御信号発生手段と、を接続するための接続手段と、を備える、第3の態様による送信器を提供する。

[0026] また、本発明の第5の態様は、第2の可変リアクタンス手段が、送信電極と送信手段のグラウンドと、の間に設けられ、リアクタンス制御手段は、電界伝達媒体に印加される送信の電圧が最大となるように第1の可変リアクタンス手段および第2の可変リアクタンス手段のそれぞれのリアクタンス値を制御して調整し、第2の可変リアクタンス手段

のリアクタンス値の調整後に、このリアクタンス値を微小に変化させ、第2の可変リアクタンス手段のリアクタンス値の調整時において第2の可変リアクタンス手段と送信手段とに直列に接続される抵抗器と、第2の可変リアクタンス手段のリアクタンス値の調整時において抵抗器と送信手段との接続と、第1の可変リアクタンス手段のリアクタンス値の調整時において送信手段と第1の可変リアクタンス手段との接続と、抵抗器と送信手段のグランドとの接続と、を行うための接続手段と、を備える、第3の態様による送信器を提供する。

[0027] また、本発明の第6の態様は、第2の可変リアクタンス手段が、送信手段の出力と該送信手段のグランドと、の間に設けられ、リアクタンス制御手段は、電界伝達媒体に印加される送信の電圧が最大となるように第1の可変リアクタンス手段および第2の可変リアクタンス手段のそれぞれのリアクタンス値を制御して調整し、第1の可変リアクタンス手段のリアクタンス値の調整後に、このリアクタンス値を微小に変化させ、第1の可変リアクタンス手段のリアクタンス値の調整時において第2の可変リアクタンス手段と送信手段のグランドとを切断し、第2の可変リアクタンス手段のリアクタンス値の調整時において第2の可変リアクタンス手段と送信手段のグランドとを接続するための接続手段を備える、第3に態様による送信器を提供する。

[0028] また、本発明の第7の態様は、第1の可変リアクタンス手段もしくは第2の可変リアクタンス手段のいずれか一方において、インダクタと、印加された電圧に応じて静電容量が変化する可変容量ダイオードと、を備え、浮遊容量と共振するための共振回路と、共振回路に入力された送信信号を可変容量ダイオードで整流して得られた直流電流に応じた電位差を可変容量ダイオードのアノードとカソード間に印加するための抵抗器と、を有する自己調整可変リアクタンス手段を備える、第3の態様による送信器を提供する。この送信器においては、リアクタンス制御手段により、電界伝達媒体に印加される送信の電圧が最大となるように自己調整可変リアクタンス手段以外の第1の可変リアクタンス手段もしくは第2の可変リアクタンス手段のいずれかのリアクタンス値が制御される。

[0029] また、本発明の第8の態様は、送信すべき情報に基づく電界を電界伝達媒体に誘起し、この誘起した電界を介して送信すべき情報を送信し、電界伝達媒体に誘起さ

れた受信すべき情報に基づく電界を介して受信すべき情報の受信を行うためのトランシーバにおいて、送信すべき情報を所定の周波数を有する交流信号によって変調した変調信号を送信するための送信手段と、変調信号に基づく電界を電界伝達媒体に誘起し、および受信すべき情報に基づく電界を受信するための送受信電極と、送信手段のグラウンドと大地グラウンドとの間に生じる浮遊容量と、電界伝達媒体と送信手段のグラウンドとの間に生じる浮遊容量と、電界伝達媒体と大地グラウンドとの間に生じる浮遊容量と、のそれぞれと共振するために送信手段の出力と送受信電極との間に設けられた第1のリアクタンス手段と、それぞれの浮遊容量と共振するために、送信手段の出力と送信手段のグラウンドとの間か、もしくは送受信電極と送信手段のグラウンドとの間のいずれかに設けられた第2のリアクタンス手段と、受信すべき情報に基づく電界を検出して電気信号に変換し復調して受信するための受信手段と、受信時に受信信号が送信手段に漏洩するのを防ぐために送信手段の出力から送受信電極までの信号経路を切断し、一方、送信時には送信信号を送受信電極に出力するために送信手段の出力から送受信電極までの信号経路を接続するための第1の接続手段と、受信時に受信信号が送信手段のグラウンドに漏洩するのを防ぐために第2のリアクタンス手段と送信手段のグラウンドとを切断し、一方、送信時には第2のリアクタンス手段が共振するために第2のリアクタンス手段と送信手段のグラウンドとを接続するための第2の接続手段と、を備える、電界通信トランシーバを提供する。

[0030] また、本発明の第9の態様は、第1のリアクタンス手段と第2のリアクタンス手段とのいずれか一方は自身のリアクタンス値を可変可能な可変リアクタンス手段であって、送信手段により電界伝達媒体に印加される送信の電圧が最大となるように可変リアクタンス手段のリアクタンス値を制御するためのリアクタンス制御手段を備える、第8の態様による電界通信トランシーバを提供する。

[0031] また、本発明の第10の態様は、第1のリアクタンス手段と第2のリアクタンス手段との両方は自身のリアクタンス値を可変可能な可変リアクタンス手段であって、送信手段により電界伝達媒体に印加される送信の電圧が最大となるように第1のリアクタンス手段と第2のリアクタンス手段のそれぞれのリアクタンス値を制御するためのリアクタンス制御手段を備える、第8の態様による電界通信トランシーバを提供する。

- [0032] また、本発明の第11の態様は、リアクタンス制御手段が、リアクタンス値の調整に用いる調整用信号を発生させるための調整用信号発生手段と、調整用信号発生手段から出力される調整用信号を用いて送信の電圧の振幅を検出するための振幅検出手段と、振幅検出手段で検出した振幅に基づいて第1の可変リアクタンス手段のリアクタンス値を制御する制御信号を出力するための第1の制御信号発生手段と、振幅検出手段で検出した振幅に基づいて第2の可変リアクタンス手段のリアクタンス値を制御する制御信号を出力するための第2の制御信号発生手段と、第1の可変リアクタンス手段のリアクタンス値の制御において振幅検出手段と第1の制御信号発生手段と、を接続し、第2の可変リアクタンス手段のリアクタンス値の制御において振幅検出手段と第2の制御信号発生手段と、を接続するための接続手段と、を備える、第10の態様による電界通信トランシーバを提供する。
- [0033] また、本発明の第12の態様は、第2の可変リアクタンス手段が、送信電極と送信手段のグラウンドと、の間に設けられ、リアクタンス制御手段は、電界伝達媒体に印加される送信の電圧が最大となるように第1の可変リアクタンス手段および第2の可変リアクタンス手段のそれぞれのリアクタンス値を制御して調整し、第2の可変リアクタンス手段のリアクタンス値の調整後に、このリアクタンス値を微小に変化させ、第2の可変リアクタンス手段のリアクタンス値の調整時において第2の可変リアクタンス手段と送信手段とに直列に接続される抵抗器と、第2の可変リアクタンス手段のリアクタンス値の調整時において抵抗器と送信手段との接続と、第1の可変リアクタンス手段のリアクタンス値の調整時において送信手段と第1の可変リアクタンス手段との接続と、抵抗器と送信手段のグラウンドとの接続と、を行うための接続手段と、を備える、第10の態様による電界通信トランシーバを提供する。
- [0034] また、本発明の第13の態様は、第2の可変リアクタンス手段が、送信手段の出力と該送信手段のグラウンドと、の間に設けられ、リアクタンス制御手段が、電界伝達媒体に印加される送信の電圧が最大となるように第1の可変リアクタンス手段および第2の可変リアクタンス手段のそれぞれのリアクタンス値を制御して調整し、第1の可変リアクタンス手段のリアクタンス値の調整後に、このリアクタンス値を微小に変化させ、第1の可変リアクタンス手段のリアクタンス値の調整時において第2の可変リアクタンス手

段と送信手段のグラウンドとを切断し、第2の可変リアクタンス手段のリアクタンス値の調整時において第2の可変リアクタンス手段と送信手段のグラウンドとを接続するための接続手段を備える、第10の態様による電界通信トランシーバを提供する。

[0035] また、本発明の第14の態様は、第1の可変リアクタンス手段もしくは第2の可変リアクタンス手段のいずれか一方において、インダクタと、印加された電圧に応じて静電容量が変化する可変容量ダイオードと、を備え、浮遊容量と共振するための共振回路と、共振回路に入力された送信信号を可変容量ダイオードで整流して得られた直流電流に応じた電位差を可変容量ダイオードのアノードとカソード間に印加するための抵抗器と、を有する自己調整可変リアクタンス手段を備える、第10の態様による電界通信トランシーバを提供する。この電界通信トランシーバにおいては、リアクタンス制御手段により、電界伝達媒体に印加される送信の電圧が最大となるように自己調整可変リアクタンス手段以外の第1の可変リアクタンス手段又は第2の可変リアクタンス手段のいずれかのリアクタンス値が制御される。

[0036] また、本発明の第15の態様は、第2の可変リアクタンス手段が、送受信電極と送信手段のグラウンドと、の間に設けられ、リアクタンス制御手段においては、電界伝達媒体に印加される送信の電圧が最大となるように第1の可変リアクタンス手段および第2の可変リアクタンス手段のそれぞれのリアクタンス値を制御して調整し、第2の可変リアクタンス手段のリアクタンス値調整後に、このリアクタンス値を微小に変化させ、第1の接続手段は、第2の可変リアクタンス手段のリアクタンス値の調整時には抵抗器と送信手段とを接続し、第1の可変リアクタンス手段のリアクタンス値の調整時には送信手段と第1の可変リアクタンス手段とを接続および抵抗器と送信手段のグラウンドとを接続し、一方、受信時には第1の可変リアクタンス手段と送信手段とを切断する、第10の態様による電界通信トランシーバを提供する。

[0037] また、本発明の第16の態様は、第2の可変リアクタンス手段が、送信手段の出力と送信手段のグラウンドとの間に設けられ、リアクタンス制御手段において、電界伝達媒体に印加される送信の電圧が最大となるように第1の可変リアクタンス手段および第2の可変リアクタンス手段のそれぞれのリアクタンス値を制御して調整し、第1の可変リアクタンス手段のリアクタンス値調整後に、このリアクタンス値を微小に変化させ、第2

の接続手段は、第1の可変リアクタンス値の調整時において、第2の可変リアクタンス手段と送信手段のグランドとを切断し、一方、第2の可変リアクタンス手段のリアクタンス値の調整時において、第2の可変リアクタンス手段と送信手段のグランドとを接続する、第10の態様による電界通信トランシーバを提供する。

[0038] また、本発明の第17の態様は、受信手段への入力第1の接続手段に接続されており、第1の接続手段が、送信時に送受信電極と受信手段の入力との信号経路を切断し、一方、受信時に送受信電極と受信手段の入力との信号経路を接続する、第8～16のいずれかによる電界通信トランシーバを提供する。

[0039] 第1の態様から第17の態様によれば、トランシーバまたは送信器の小型化に伴う送信電極と生体間の浮遊容量の増加に起因した送信電圧の振幅の低下を防止でき、電界伝達媒体に印加される電圧の減少を防止し、電界通信の品質を向上することができる送信器およびトランシーバを提供することができる。

[0040] また、本発明の第18の態様は、電界伝達媒体に誘起した電界を介して情報の通信を行う電界通信トランシーバにおいて、通信のための送信信号と共振するためのインダクタと印加された電圧に応じて静電容量が変化する可変容量ダイオードを備えた共振回路と、共振回路に入力された送信信号を可変容量ダイオードで整流して得られた直流電流に応じて電位差を生じ、この電位差を可変容量ダイオードのアノードとカソード間に印加する抵抗器と、を有する電界通信トランシーバを提供する。

[0041] また、本発明の第19の態様は、共振回路が、電界通信トランシーバのグランドと大地グランド間の浮遊容量および電界伝達媒体と大地グランド間の浮遊容量との間で共振する、第18の態様による電界通信トランシーバを提供する。

[0042] また、本発明の第20の態様は、共振回路が、インダクタと、可変容量ダイオードと、抵抗器と、が並列に接続されている、第18又は第19の態様による電界通信トランシーバを提供する。

[0043] また、本発明の第21の態様は、共振回路が、可変容量ダイオードと、抵抗器と、が並列に接続された回路にインダクタが直列に接続されている、第18又は第19の態様による電界通信トランシーバを提供する。

[0044] また、本発明の第22の態様は、インダクタが、端子の一方または両方に直流電流

の入力を阻止するためのコンデンサを配している、第18から第21の態様のいずれかによる電界通信トランシーバを提供する。

[0045] 本発明の第18の態様から第22の態様によれば、リアクタンス値の補正回路を省略して自己補正を可能とする可変リアクタンス手段を実現し、もって回路規模が小さく低消費電力かつ良好な通信も可能とする、電界通信トランシーバを提供することができる。

[0046] また、本発明の第23の態様は、送信すべき情報に基づく電界を電界伝達媒体に誘起し、この誘起した電界を用いて情報の送信を行う一方で、電界伝達媒体に誘起された受信すべき情報に基づく電界を受信することによって情報の受信を行う電界通信トランシーバであって、電界伝達媒体に印加される送信の電圧が最大となるようにリアクタンス値を変化させ、送信に係る発信器のグランドと大地グランド間の浮遊容量と電界伝達媒体と大地グランド間の浮遊容量との共振状態を制御するための可変リアクタンス手段と、共振状態を得るために可変リアクタンス手段において並列共振回路を形成するインダクタと、インダクタと並列接続されて並列共振回路における共振状態を制御するために直列に複数で接続された容量可変の可変容量手段と、を備える。

[0047] また、本発明の第24の態様は、可変容量手段が、アノードとカソードの2極を有する2個の可変容量ダイオードであって、一方の可変容量ダイオードのアノードと、他方の可変容量ダイオードのカソードと、がキャパシタを介して直列に接続され、情報の送信に係る高周波信号に対してはキャパシタが短絡してインダクタと可変容量ダイオードとで構成される並列共振回路として動作し、制御に係る低周波信号に対しては可変容量ダイオードがキャパシタにより絶縁されて低周波信号の信号源に対して並列接続となり可変容量ダイオードの容量が可変制御される、第23の態様による電界通信トランシーバを提供する。

[0048] また、本発明の第25の態様は、可変容量手段が、同様の構成を有する他の可変容量手段に対して互いのアノード同士でキャパシタを介することなく直列に接続されている、第24の態様による電界通信トランシーバを提供する。

[0049] また、本発明の第26の態様は、可変容量ダイオードがすくなくとも3個以上で直列

接続されている、第24から第25の態様のいずれかによる電界通信トランシーバを提供する。

- [0050] 本発明の第23の態様から第26の態様によれば、可変容量ダイオードの耐電圧特性を改善することができ、もって可変容量ダイオードの電気特性に起因する共振の抑制を防止することができ、十分な強度の電界通信を提供することが可能な電界通信トランシーバを提供することができる。
- [0051] また、本発明の第27の態様は、送信すべき情報に基づく電界を電界伝達媒体に誘起し、電界を用いて情報の送信を行う一方で、電界伝達媒体に誘起された受信すべき情報に基づく電界を介して情報の受信を行う電界通信トランシーバにおいて、第1の周波数を有する交流信号を出力するための交流信号出力手段と、送信すべき情報に基づく電界の誘起および受信すべき情報に基づく電界を検出して情報を受信するための送受信電極と、送受信電極と大地グランド間の浮遊容量と、および送受信電極と近接した電界伝達媒体が大地グランドとの間に持つインピーダンスと、が共振するために、交流信号出力手段の出力と送受信電極との間に設けられた第1のリアクタンス手段と、送受信電極と大地グランド間の浮遊容量と、および送受信電極と近接した電界伝達媒体が大地グランドとの間に持つインピーダンスと、が共振するために、交流信号出力手段の出力と大地グランドの間または送受信電極と大地グランドの間に設けられた第2のリアクタンス手段と、第1の周波数とは異なる第2の周波数を有する交流信号の電界を検出して電気信号に変換し復調するための受信手段と、第1の周波数を有する交流信号を通過させ第2の周波数を有する交流信号を遮断するための第1のフィルタ手段と、第2の周波数を有する交流信号を通過させ第1の周波数を有する交流信号を遮断するための第2のフィルタ手段と、を備える。
- [0052] また、本発明の第28の態様は、第1のリアクタンス手段と第2のリアクタンス手段のうちのいずれか一方がリアクタンス値が可変である可変リアクタンス手段であって、電界伝達媒体に印加される送信の電圧が最大になるように可変リアクタンス手段のリアクタンス値を制御するリアクタンス制御手段を備える、第27の態様による電界通信トランシーバを提供する。
- [0053] また、本発明の第29の態様は、第1のリアクタンス手段と第2のリアクタンス手段の



両方のリアクタンス値を共に可変として、それぞれ第1の可変リアクタンス手段と第2の可変リアクタンス手段とし、電界伝達媒体に印加される送信の電圧が最大になるように第1の可変リアクタンス手段および第2の可変リアクタンス手段のそれぞれのリアクタンス値を制御するためのリアクタンス制御手段を備える、第27の態様による電界通信トランシーバを提供する。

[0054] また、本発明の第30の態様は、リアクタンス制御手段が、第1の可変リアクタンス手段および第2の可変リアクタンス手段のそれぞれのリアクタンス値毎に電界伝達媒体に印加される送信電圧の振幅を記憶し、振幅の最大値を抽出した後に第1の可変リアクタンス手段および第2の可変リアクタンス手段のそれぞれのリアクタンス値を設定するための演算制御記憶部と、送信電圧の振幅を検出する振幅検出手段と、を備える、第28又は第29の態様による電界通信トランシーバを提供する。

[0055] また、本発明の第31の態様は、リアクタンス制御手段が、第1の可変リアクタンス手段および第2の可変リアクタンス手段のそれぞれのリアクタンス値を調整するための調整用信号発生手段と、調整用信号発生手段から出力される調整用信号を用いて送信電圧の振幅を検出するための振幅検出手段と、振幅検出手段で検出した振幅に基づいて第1の可変リアクタンス手段のリアクタンス値を制御する信号を出力するための第1の制御信号発生手段と、振幅検出手段で検出した振幅に基づいて第2の可変リアクタンス手段のリアクタンス値を制御する信号を出力するための第2の制御信号発生手段と、第1の可変リアクタンス手段のリアクタンス値を制御している際には少なくとも振幅検出手段と第1の制御信号発生手段を接続し、第2の可変リアクタンス手段のリアクタンス値を制御している際には少なくとも振幅検出手段と第2の制御信号発生手段を接続するための第3の接続手段と、を備える、第28又は第29の態様による電界通信トランシーバを提供する。

[0056] また、本発明の第32の態様は、第1のリアクタンス手段または第2のリアクタンス手段のいずれか一方に、インダクタと、印加した電圧に応じて静電容量が変化する可変容量ダイオードと、を備えて浮遊容量と共振するための共振回路と、共振回路に入力された送信信号を可変容量ダイオードで整流して得られた直流電流に応じて電位差を生じ、この電位差を可変容量ダイオードのアノードとカソード間に印加する抵抗

器と、を有する自己調整可変リアクタンス手段を用い、リアクタンス制御手段が電界伝達媒体に印加される送信の電圧が最大になるように自己調整可変リアクタンス手段でない方の可変リアクタンス手段のリアクタンス値を制御する、第27の態様による電界通信トランシーバを提供する。

[0057] また、本発明の第33の態様は、第1のリアクタンス手段または第2のリアクタンス手段のいずれか一方に、インダクタと印加した電圧に応じて静電容量が変化する可変容量ダイオードを備えた浮遊容量と共振するための共振回路と、共振回路に入力された送信信号を可変容量ダイオードで整流して得られた直流電流に応じて電位差を生じ、この電位差を可変容量ダイオードのアノードとカソード間に印加する抵抗器と、を有する自己調整可変リアクタンス手段を用い、リアクタンス制御手段が電界伝達媒体に印加される送信の電圧が最大になるように自己調整可変リアクタンス手段でない方の可変リアクタンス手段のリアクタンス値を制御する、第29から第31の態様のいずれかによる電界通信トランシーバを提供する。

[0058] また、本発明の第34の態様は、第27から第32の態様のいずれかによる電界通信トランシーバに第2の電界通信トランシーバが組合されてなる電界通信システムであって、第2のトランシーバは、送信すべき情報に基づく電界の誘起および受信すべき情報に基づく電界の受信を行うための送受信電極と、電界通信トランシーバから送信される第1の周波数の交流信号を整流して直流の電力を生成し蓄積および出力するための整流電力蓄積手段と、第1の周波数と異なる第2の周波数の交流信号で送信すべき情報を変調して変調信号を生成し送信するための送信手段と、送信すべき情報の蓄積と、送信手段への送信すべき情報の出力と、電界通信トランシーバの制御と、を行うための制御情報蓄積手段と、第1の周波数を有する交流信号を通過させ第2の周波数を有する交流信号を遮断するための第1のフィルタ手段と、第2の周波数を有する交流信号を通過させ第1の周波数を有する交流信号を遮断するための第2のフィルタ手段と、を備える電界通信システムを提供する。

[0059] また、本発明の第35の態様は、電界通信トランシーバの交流信号出力手段が、第1の周波数の交流信号で送信すべき情報を変調して変調信号を生成し送信するための送信手段によって構成され、第2の電界通信トランシーバは、受信すべき情報に

に基づき、第2の周波数を有する交流の電界を検出して電気信号に変換し、復調する受信手段を備える、第34の態様による電界通信システムを提供する。

- [0060] 本発明の第27の態様から第35の態様によれば、設置端末側トランシーバから携帯端末側トランシーバに大きな電圧を印加でき、もって携帯端末側トランシーバに電力を送電することができる電界通信トランシーバおよび電界通信システムを提供できる。

#### 図面の簡単な説明

- [0061] [図1]図1は、従来のトランシーバの構成を説明するための説明図である。
- [図2]図2は、従来の技術による可変リアクタンス部を用いた電界通信トランシーバを説明するための構成図である。
- [図3]図3は、従来の技術による可変リアクタンス部を説明するための構成図である。
- [図4]図4は、従来の他の電界通信トランシーバの構成を示す説明図である。
- [図5]図5は、図4に示す電界通信トランシーバを用いた電界通信システムの構成を示す説明図である。
- [図6]図6は、本発明の実施の形態に係る電界通信トランシーバの送信部の第1の基本構成を説明するための説明図である。
- [図7]図7は、本発明の実施の形態に係る電界通信トランシーバの送信部の第2の基本構成を説明するための説明図である。
- [図8]図8は、本発明の第1の実施の形態に係る電界通信トランシーバを説明するためのブロック図である。
- [図9]図9は、本発明の第1の実施の形態に係る電界通信トランシーバのリアクタンス制御部のブロック図である。
- [図10]図10は、本発明の第1の実施の形態に係る電界通信トランシーバの一つの変形例を示すブロック図である。
- [図11]図11は、本発明の第2の実施の形態に係る電界通信トランシーバを説明するためのブロック図である。
- [図12]図12は、本発明の第2の実施の形態に係る電界通信トランシーバのリアクタンス制御部のブロック図である。

[図13]図13は、本発明の第2の実施の形態に係る電界通信トランシーバの可変リアクタンス $X_p$ を調整するときの等価回路である。

[図14]図14は、本発明の第2の実施の形態に係る電界通信トランシーバの可変リアクタンス部が可変リアクタンス $X_g$ を調整するときの等価回路である。

[図15]図15は、本発明の第2の実施の形態に係る電界通信トランシーバの一つの変形例を示すブロック図である。

[図16]図16は、本発明の第3の実施の形態に係る電界通信トランシーバの電界通信トランシーバを説明するためのブロック図である。

[図17]図17は、本発明の第3の実施の形態に係る電界通信トランシーバの自己調整可変リアクタンス部を説明するための構成図である。

[図18]図18は、本発明の第3の実施の形態に係る電界通信トランシーバの自己調整可変リアクタンス部の動作を説明するためのグラフ(a)～(b)である。

[図19]図19は、本発明の第3の実施の形態に係る電界通信トランシーバのリアクタンス制御部のブロック図である。

[図20]図20は、本発明の一実施形態に係る電界通信トランシーバに適用される自己調整可変リアクタンス部の一例を説明するための構成図である。

[図21]図21は、本発明の一実施形態に係る電界通信トランシーバに適用される自己調整可変リアクタンスにおける送信状態を説明するための説明図である。

[図22]図22は、本発明の一実施形態に係る電界通信トランシーバに適用される自己調整可変リアクタンス部の動作を説明するためのグラフ(a)～(d)である。

[図23]図23は、本発明の一実施形態に係る電界通信トランシーバに適用される自己調整可変リアクタンス部の他の例を説明するための構成図である。

[図24]図24は、本発明の一実施形態に係る電界通信トランシーバに適用される可変リアクタンス部を説明するための構成図である。

[図25]図25は、本発明の一実施形態に係る電界通信トランシーバであって、可変リアクタンスを含む電界通信トランシーバの構成図である。

[図26]図26は、図24に示す可変リアクタンス部の高周波交流信号に対する等価回路である。

[図27]図27は、図24に示す可変リアクタンス部の低周波交流信号に対する等価回路である。

[図28]図28は、本発明の一実施形態に係る電界通信トランシーバに適用される可変リアクタンス部を説明するための説明図である。

[図29]図29は、本発明の一実施形態に係る電界通信トランシーバに適用される可変リアクタンス部を説明するための構成図である。

[図30]図30は、本発明の一実施形態に係る電界通信トランシーバに適用される可変リアクタンス部を説明するための構成図である。

[図31]図31は、本発明の一実施形態に係る電界通信トランシーバに適用される可変リアクタンス部を説明するための構成図である。

[図32]図32は、本発明の一実施形態に係る電界通信トランシーバおよび電界通信システムの基本構成を示す説明図である。

[図33]図33は、本発明の一実施形態に係る電界通信トランシーバおよび電界通信システムを示すブロック図である。

[図34]図34は、本発明の一実施形態に係る電界通信トランシーバおよび電界通信システムに適用されるリアクタンス制御部のブロック図である。

[図35]図35は、本発明の一実施形態に係る電界通信トランシーバおよび電界通信システムにおいてリアクタンス制御動作を説明するためのグラフである。

[図36]図36は、本発明の他の実施形態に係る電界通信トランシーバおよび電界通信システムを示すブロック図である。

[図37]図37は、本発明の一実施形態に係る電界通信トランシーバおよび電界通信システムに適用されるリアクタンス制御部の第2の構成のブロック図である。

[図38]図38は、本発明の更に別の実施形態に係る電界通信トランシーバおよび電界通信システムを示すブロック図である。

[図39]図39は、図38に示す電界通信トランシーバおよび電界通信システムの可変リアクタンス部を説明するためのブロック図である。

[図40]図40は、図39に示す自己調整可変リアクタンス部の動作を説明するためのグラフ(a)～(d)である。

[図41]図41は、本発明の一実施形態に係る電界通信トランシーバおよび電界通信システムに適用される他のリアクタンス制御部のブロック図である。

[図42]図42は、本発明の第1の実施の形態に係る送信器を示すブロック図である。

[図43]図43は、本発明の第2の実施の形態に係る送信器を示すブロック図である。

[図44]図44は、本発明の第3の実施の形態に係る送信器を示すブロック図である。

[図45]図45は、本発明の一実施形態に係る電界通信システムを示すブロック図である。

### 発明を実施するための最良の形態

[0062] 図6に本発明の実施の形態の基本的な構成を説明するために、送信部と生体の回路モデルを示す。

[0063] この図6には、携帯端末10と、トランシーバ15と、I/O回路40と、ウェアラブルコンピュータ30と、が示されている。携帯端末10は、人体などの生体20に絶縁体9を介した送信電極8で接している。生体20と床や地表などの大地グランド14との間には、生体と大地グランド間の浮遊容量 $C_b$  13が存在し、さらにトランシーバ15と大地グランド14との間には、トランシーバのグランドと大地グランド間の浮遊容量 $C_g$  12が存在している。

[0064] 携帯端末10には備わるトランシーバ15は、送信回路3と、この送信回路3に備わる発振器4と、変調回路5と、を有し、送信回路3の送信出力は送信電極8を介して生体20に送信される。

[0065] 送信回路3は、その内部に送信抵抗 $R_s$  7を有している。送信回路3と送信電極8との間にはリアクタンス $X_g$  2が直列に存在し、送信電極8とトランシーバ15の回路グランド6との間にはリアクタンス $X_p$  1が存在している。さらに回路グランド6と生体20の間には送信電極と生体間の浮遊容量 $C_{sb}$  11が存在している。

[0066] 本発明の第1の実施の形態では、リアクタンスを2個用いた共振現象(図6中のリアクタンス $X_g$  2とリアクタンス $X_p$  1による共振現象)を利用して生体20に印加される電圧 $V_b$  を大きくする。

[0067] 図6中のリアクタンス $X_g$  2およびリアクタンス $X_p$  1のリアクタンス値をそれぞれ $X_g$ 、 $X_p$ と示している。図6中に示した破線に対して左部分のアドミタンス(Y)は以下の式で表さ

れる。

$$Y = (1/jX_p) + j\omega C_b + j\omega (C_b^{-1} + C_g^{-1})^{-1} \quad \text{式(1)}$$

$V_b$ はこの式を用いて

[数2]

$$\begin{aligned} V_b &= \frac{C_b}{C_g + C_b} \frac{Y^{-1}}{R_s + jX_g + Y^{-1}} V_s \\ &= \frac{C_b}{C_g + C_b} \frac{1}{1 + (R_s + jX_g) Y} V_s \end{aligned} \quad (2)$$

[0068] と表される。

この式に式(1)を代入してまとめると次式になる。

$$\begin{aligned} V_b &= V_s / \{1 + (C_b/C_g) - X_g [\omega [C_b + C_{sb} (1 + C_b/C_g)] - (1 + C_b/C_g)/X_p] \\ &\quad + jR_s \{\omega [C_b + C_{sb} (1 + C_b/C_g)] - (1 + C_b/C_g)/X_p\}\} \quad (3) \end{aligned}$$

$X_g$ を変数として考えた場合、

$$X_g = (1 + C_b/C_g) / \{\omega [C_b + C_{sb} (C_b/C_g)] - (1 + C_b/C_g)/X_p\} \quad (4)$$

で振幅  $|V_b|$  は最大となり、その値は

[数3]

$$|V_b| = \frac{1}{R_s \{\omega [C_b + C_{sb} (1 + C_b/C_g)] - (1 + C_b/C_g)/X_p\}} |V_s| \quad (5)$$

[0069] となる。

[0070] 式(5)ではリアクタンス $X_p$ により振幅を増加させることができる。したがって本発明の構成を用いるとより大きな振幅の信号を生体20に印加することができる。

[0071] 図7はリアクタンス $X_p$ を送信回路3の送信出力と回路グランド6間に接続した場合の回路モデルである。図7の破線に対して左側のインピーダンス(Z)は次式で表される。

[数4]

$$Z = jX_g + \frac{1}{j\omega \{C_{sb} + (C_b^{-1} + C_g^{-1})^{-1}\}} \quad (6)$$

[0072]  $V_b$ はこの式を用いて

[数5]

$$\begin{aligned} V_b &= \frac{C_b}{C_g + C_b} \frac{\frac{1}{j\omega \{C_{sb} + (C_b^{-1} + C_g^{-1})^{-1}\}}}{Z} \frac{jX_p Z}{Z + jX_p} \frac{V_s}{R_s + \frac{jX_p Z}{Z + jX_p}} \\ &= \frac{C_b}{C_g + C_b} \frac{1}{j\omega \{C_{sb} + (C_b^{-1} + C_g^{-1})^{-1}\}} \frac{jX_p}{R_s(Z + jX_p) + jX_p Z} V_s \end{aligned} \quad (7)$$

[0073] と表される。この式に式(6)を代入してまとめると次式になる。

$$\begin{aligned} V_b &= V_s / \{1 + (C_b/C_g) - \omega X_g [C_b + C_{sb} (1 + C_b/C_g)] \\ &\quad + jR_s \{\omega [C_b + C_{sb} (1 + C_b/C_g)] - [(1 + C_b/C_g) - \omega X_g [C_b + C_{sb} (1 + C_b/C_g)]]/X_p\} \} \end{aligned} \quad (8)$$

$X_p$ を変数として考えた場合、

[数6]

$$X_p = \frac{1 + C_b/C_g}{\omega \{C_b + C_{sb} (1 + C_b/C_g)\}} - X_g \quad (8)$$

[0074] で振幅  $|V_b|$  は最大となり、その値は

[数7]

$$|V_b| = \frac{1}{1 + (C_b/C_g) - \omega X_g [C_b + C_{sb} (1 + C_b/C_g)]} |V_s| \quad (9)$$



[0075] となる。式(9)ではリアクタンス $X_g$ により振幅を増加させることができる。したがって本発明の構成を用いても大きな振幅の信号を生体20に印加することができる。

[0076] <第1の実施の形態>

図8に、本発明の第1の実施の形態に係るトランシーバ15のブロック図を示す。

[0077] この図8には、破線で示されたトランシーバ15と、このトランシーバに接続されたI/O回路40と、図6に参照される図示しない生体20に接触するための絶縁体9と、この絶縁体9の下に配置された送受信電極8と、が示されている。

[0078] また、トランシーバ15には、受信部23と、送信部16と、スイッチ17と、スイッチ18と、可変リアクタンス部 $X_g$ 19と、可変リアクタンス部 $X_p$ 21と、リアクタンス制御部22とが備わっている。スイッチ18の一端は回路グランド29に接続されている。

[0079] こうした構成を有するトランシーバ15は、半2重伝送の通信に対応しており、スイッチ17およびスイッチ18は送信状態の時にオンとなり、受信状態ではオフとなる。また、変動する浮遊容量に対応して共振状態を保つために可変リアクタンス $X_g$ 19、リアクタンス $X_p$ 21を制御するためのリアクタンス制御部22を備えている。

[0080] リアクタンス制御部22の内部ブロック図を図9に示す。この図9に示すリアクタンス制御部22は、その内部に、調整用信号を発生する調整用信号発生部24と、入力信号の振幅の大小をモニタするための高入力インピーダンス振幅モニタ部25と、高入力インピーダンス振幅モニタ部25からの出力を切り替えるスイッチ26と、調整用信号により制御されて可変リアクタンス部 $X_p$ 21に制御信号を出力する制御信号発生部27と、同じく可変リアクタンス部 $X_g$ 19に制御信号を出力する制御信号発生部28とを有している。

[0081] 本第1の実施の形態では、リアクタンス $X_g$ 19とリアクタンス $X_p$ 21のリアクタンスを交互に変化させて調整する方法をとっている。はじめに制御信号発生部27の制御信号を一定にしてリアクタンス $X_p$ 21を一定にし、スイッチ26のa3とb3を接続して図6に参照される大地グランド14と生体20との電位差の振幅 $|V_b|$ が最大になるようにリアクタンス $X_g$ 19を調整する。このとき振幅をモニタする振幅モニタ部が共振に影響を与えるのを防ぐために高入力インピーダンス振幅モニタ部25の入力インピーダンスを高くしている。また、高入力インピーダンス振幅モニタ部25では、調整しているリアクタン

スを微小に変化させたときの  $|V_b|$  の変化に基づいた信号を制御信号発生部27に出力し、制御信号発生部27では、この信号から次の制御信号を決定し出力する。

[0082] この後スイッチ26をa3とc3の接続に切り替えてリアクタンス $X_g$  19を固定し、 $|V_b|$  が最大になるようにリアクタンス $X_p$  21を調整する。これを繰り返すことにより最適なリアクタンス値に調整していく。以上の調整時のスイッチ26の切替や制御信号発生部27、28および高入力インピーダンス振幅モニタ部25の動作を制御する信号を調整用信号発生部24から発生している。この構成によりトランシーバ15を小型化しても効率よく生体20に電圧を印加することができ、もって良好な通信状態が保てるトランシーバを実現できる。

[0083] なお、図8では可変リアクタンス部 $X_p$  を送受信電極と回路グランド間に接続しているが、図7を参照しながら説明したように、可変リアクタンス部 $X_p$  を送信回路出力と回路グランド間に接続しても同様の効果を得る。また、図8では両方のリアクタンス部(リアクタンス $X_g$  19とリアクタンス $X_p$  21)を可変リアクタンス部になっているが、いずれか一方のみでも良い。なお、トランシーバ15と異なり送信のみを行う送信器は、図42に示す通り(送信器150)、トランシーバ15から受信部23とスイッチ17及びスイッチ18とを省略した構成を備える。

[0084] 次に、図10に本発明の第1の実施の形態の一つの変形例を示す。

[0085] この図10に参照される構成では、送信信号が送受信電極8を介して受信部23に漏洩するのを防ぐために、スイッチ31で送信部16と受信部23をアイソレーションしている。送信時やリアクタンス制御時にはスイッチ31のa1とb1を接続し、受信時にはa1とc1を接続する。また、受信時では可変リアクタンス(リアクタンス $X_g$  19とリアクタンス $X_p$  21)のリアクタンス値を小さくするように、リアクタンス制御部22から出力される制御信号をリアクタンス $X_g$  19とリアクタンス $X_p$  21にそれぞれ入力する。

[0086] このような構成によれば、共振により送信信号が受信部23の入力段の電子回路の耐電圧より大きくなる場合でも電子回路を保護できる。したがって、この構成では受信部23の入力段に耐電圧の低い電界検出器を使用することも可能である。

[0087] <第2の実施の形態>

図11に、本発明の第2の実施の形態に係るトランシーバのブロック図を示す。本トラ

ンシーバでは各可変リアクタンスを順次1回ずつの制御で調整する。このためにスイッチ32、スイッチ18と、負荷抵抗として抵抗器33を設けている。始めに可変リアクタンス部 $X_p$  21を調整するためにスイッチ32のa1とb1およびa2とb2を接続し、スイッチ18をオンにする。

[0088] 図12にリアクタンス制御部22の内部構成を説明するためのブロック図を示す。この図12に示す構成は、既に図9にて示した構成と同様であり、調整用信号発生部24から状態切替信号を出力している点で異なっている。

[0089] 次に、図13に参照されるのは本発明の第2の実施の形態に係る等価回路である。この等価回路には、信号源 $V_s$  35と、抵抗 $R_s$  36と、抵抗 $R_{dv}$  37と、リアクタンス $X_p$  38と、送信電極と大地グランド間の浮遊容量 $C_{sb}$  39と、送受信電極44と、生体と大地グランド間の浮遊容量 $C_b$  41と、携帯端末側トランシーバのグランドと大地グランド間の浮遊容量 $C_g$  42と、が示されている。

[0090] この図13に示す等価回路から分かるように、リアクタンス $X_p$  38と各浮遊容量とで並列共振回路を構成しており、送受信電極の電位が最大になるように調整すればリアクタンス $X_p$  38は以下の式で表される値になる。

[数8]

$$X_p = \frac{1}{\omega \{C_{sb} + (C_b^{-1} + C_g^{-1})^{-1}\}} \quad (10)$$

[0091] 次に可変リアクタンス部 $X_g$  19の調整を行うが、可変リアクタンス部 $X_p$  21が式(6)のままでは式(3)より $V_b = V_s / \{1 + (C/C_g)\}$ となり、生体に印加される信号を大きく出ない。

[0092] これを防ぐために $X_p$  を微小に変化させてリアクタンス値を $X_p + X_1$ とする。これとともにスイッチ1のa1とc1およびa2とc2を接続した等価回路を図14に示す。 $X_p \gg X_1$ であれば $|V_b|$ は次式のようになる。

$$\begin{aligned} V_b &= V_s / \{1 + (C_b/C_g) - X_g \{ \omega [C_b + C_{sb} (1 + C_b/C_g)] - (1 + C_b/C_g) / (X_p + X_1) \} \\ &\quad + jR_s \{ \omega [C_b + C_{sb} (1 + C_b/C_g)] + (1 + C_b/C_g) / (X_p + X_1) \} \} \quad (11) \\ &= V_s / \{1 + (C_b/C_g) - X_g (1 + C_b/C_g) X_1 / X_p^2 + jR_s (1 + C_b/C_g) X_1 / X_p \} \end{aligned}$$

式(11)より最大の振幅は、

[数9]

$$|V_b| = \frac{1}{R_s(1 + C_b/C_g) X_1/X_p^2} |V_s| \quad (12)$$

[0093] となり大きな振幅を得られる。

[0094] このように可変リアクタンス部 $X_g$  19を調整する際に可変リアクタンス部 $X_p$  21を微小に変化させることにより生体に大きな信号を印加できる。可変リアクタンス部 $X_g$  19の調整は可変リアクタンス部 $X_p$  21の調整と同様に印加されている電圧をモニタしながら行う。

[0095] 受信時にはスイッチ18をオフにし、スイッチ32のa1とc1を切断する。以上の構成および調整法によりトランシーバを小型化しても効率よく生体に電圧を印加でき、良好な通信状態の保持が可能なトランシーバを実現できる。なお、送信のみを行う送信器は、図43に示す通り(送信器151)、図11に示す第2の実施の形態に係るトランシーバ15から受信部23とスイッチ18を省略した構成を備える。

[0096] 図11では可変リアクタンス部 $X_p$  21を送受信電極8と回路グランド29間に接続しているが、可変リアクタンス部 $X_p$  21を送信部16からの送信回路出力と回路グランド29間に接続しても同様の効果を得る。

[0097] この場合は図15のブロック図に示すとおり負荷抵抗である抵抗器33は不要である。始めに可変リアクタンス部 $X_g$  19を調整するためにスイッチ17をオンにしてスイッチ18をオフにする。この状態で送受信電極8に出力される電圧を最大になるように調節すると可変リアクタンス部 $X_g$  19は次式で表される値になる。

[数10]

$$X_g = \frac{1}{\omega \{ C_{sb} + (C_b^{-1} + C_g^{-1})^{-1} \}} \quad (13)$$

[0098] 次に可変リアクタンス部 $X_g$  19を微小に変化させてリアクタンス値を $X_g + X_1$ とする。この後スイッチ18をオンにして送受信電極8に印加される電圧を最大となるように可変

リアクタンス部 $X_p 21$ を調整することにより、図11の場合と同様に大きな振幅を得られる。

[0099] 以上の構成および調整法によりトランシーバを小型化しても効率よく生体に電圧を印加して良好な通信状態が保てるトランシーバを実現できる。なお、送信のみを行う送信器では受信部23およびスイッチ17を省略した構成となる。

[0100] また、以上の実施の形態においても、図10に参照される第1の実施の形態の変形例と同様に受信部23の入力をスイッチ17に接続して、スイッチ17で送信部16と受信部23をアイソレーションする構成でもよい。

[0101] <第3の実施の形態>

図16に本発明の第3の実施の形態に係るトランシーバ15のブロック図を示す。

この図16に参照されるトランシーバ15では、第1及び第2の実施の形態における可変リアクタンス部 $X_p 21$ に代わり、制御部を必要とせずにリアクタンス値の調整が可能な自己調整可変リアクタンス部52を適用している。

[0102] 図17に自己調整可変リアクタンス部52の具体的な構成を示す。容量53、55は直流成分を遮断するためのもので、交流信号に対しては短絡とみなせるとする。図18(a)には可変容量ダイオード56に振幅 $|V_{AC}|$ の交流電圧が印加されたときに生じる電流の直流成分 $I_D$ の関係を表したものである。逆バイアス電圧 $V_{DC}$ が可変容量ダイオード56の両端に生じると、この可変容量ダイオード56が短絡となっている期間が短くなるため同じ $V_{AC}$ に対して $I_D$ は小さくなる。

[0103] 図18(b)には $I_D$ が抵抗57を流れたことによって生じる電位差( $V_{DC}$ と等価)のグラフ、図18(c)には可変容量ダイオード56の容量 $C_v$ の電圧 $V_{DC}$ 依存性を示す。また、図18(d)は $V_b$ の振幅 $|V_b|$ の $C_v$ 依存性である。グラフ中の点は可変リアクタンス交流信号を入力し始めてからの各電流電圧の変化を示している。容量 $C_v$ の初期値は $V_{DC}=0$ の時の値 $C_1$ としている。また、 $|V_{AC}|$ は $|V_b|$ に比例する。

[0104] 交流信号が入力されると可変容量ダイオード56で整流され直流電流 $I_D$ を生じる(図18(a)の点1)。これが抵抗57を流れることにより直流電圧 $V_{DC}$ を発生させ、これと同じ電位差が可変容量ダイオードにも印加される。これにより容量 $C_v$ は減少し(図18(c)の点1)、共振を起こす容量値に近づき $|V_b|$ は大きくなる。

- [0105]  $|VAC|$  は  $|V_b|$  に比例するため、 $|VAC|$  は大きくなるが、VDCも大きくなっているため  $|VAC|$  とIDの関係は図18(a)の点2に移動する。この後も同じように  $C_v$  が減少し  $|VAC|$  は大きくなるが、VDCも大きくなるためIDの変化量は徐々に小さくなりゼロに収束する。IDの変化量がゼロになると  $|VAC|$  は一定となり、初期値に比べ共振での振幅に近づく。このような自己調整可変リアクタンス52を用いれば、リアクタンス制御部51で制御する可変リアクタンス部50を1個にでき、リアクタンス調整の複雑さが緩和される。
- [0106] 図19にリアクタンス制御部51のブロック図を示す。この図19に示す構成は、既に表示した図9に参照されるリアクタンス制御部の構成と基本部分で共通の構成である。高入力インピーダンス振幅モニタ部62を備え入力信号をモニタし、制御信号発生部63で制御信号を発生させる。また、リアクタンス制御部51で制御する可変リアクタンス部50は1個であるため、制御信号発生部63も1個でよい。以上の構成によりトランシーバを小型化しても効率良く生体に電圧を印加して良好な通信状態が保てるトランシーバを実現できる。
- [0107] なお、図16では自己調整可変リアクタンス部52を送受信電極8と回路グランド29間に接続し可変リアクタンス部50を送信部16からの送信回路出力と送受信電極8との間に接続しているが、自己調整可変リアクタンス部52を送信部16からの送信回路出力と送受信電極8の間に接続し、可変リアクタンス部50を送信部16からの送信回路出力と回路グランド29の間に接続しても同様の効果を得る。
- [0108] また、本実施の形態においても、図10に示した第1の実施の形態の変形例と同様に、受信部23の入力を図10に示すスイッチ31に接続して、スイッチ31で送信部と受信部をアイソレーションする構成でもよい。なお、送信のみを行う送信器は、図44に示す通り(送信器152)、図16に示す第3の実施の形態に係るトランシーバ15から受信部23とスイッチ17及びスイッチ18とを省略した構成を備える。
- [0109] 以上説明した本発明の第1から第3の実施の形態によれば、トランシーバまたは送信器の小型化に伴う送信電極と生体間の浮遊容量の増加に起因した送信電圧の振幅の低下を防止でき、電界伝達媒体に印加される電圧の減少を防止し、電界通信の品質を向上することができる送信器およびトランシーバを提供することができる。

[0110] <自己調整可変リアクタンス部I>

以下、図20から図23を参照しながら、自己調整可変リアクタンス部について詳細に説明する。

図20は、自己調整可変リアクタンス部201の構成図である。自己調整可変リアクタンス部201は、既述の第3の実施の形態に係るトランシーバ15の自己調整可変リアクタンス部52と置き換えて用いることができるが、トランシーバ15に限らず、他の電界通信トランシーバにも適用することができる。

[0111] 図20を参照すると、自己調整可変リアクタンス部201は、高周波な交流信号が印加される交流信号端子210、交流信号端子211と、コンデンサなどの静電容量を提供するための容量202、206と、抵抗205と、可変容量ダイオード204とが示されている。

[0112] このような構成の自己調整可変リアクタンス部201は、その共振を起こす部分として、インダクタ203と可変容量ダイオード204で構成された共振回路を形成している。また、2個の容量202、206は入力してきた直流成分を遮断するために配置されており、一方、入力された交流信号に対しては電気的な短絡とみなすことができる。

[0113] また、可変容量ダイオード204に印加される電圧と、流れる電流の直流成分を、それぞれVDC、IDとする。可変容量ダイオード204の電圧VDCは逆バイアス方向を正としている。

[0114] 次の図21に、図20に示す自己調整可変リアクタンス部201が適用される、第3の実施の形態に係るトランシーバ15と異なる構成を有する電界通信トランシーバ200及びその送信状態を説明するための説明図を示す。

[0115] このリアクタンス部201は、送信回路出力216と電界を誘起すべき電界伝達媒体である生体215との間に挿入される。このとき生体215と大地グランド間の電位差の交流成分を $V_b$  222とし、自己調整可変リアクタンス部201の電位差の交流成分をVACとする。

[0116] 送信回路出力216は、その内部に発振器23を有し、この発振器23に生じる信号の電圧はVSである。なお、送信回路出力216の内部抵抗として $R_s$  24を示している。送信回路出力216は送信器グランド218に接続しており、この送信器グランド218に対

して発振器23にてVSを出力している。送信器グランド218は、大地グランド220に対して送信器グランドと大地グランド間の浮遊容量 $C_g$  219を介して結合しており、生体215は大地グランド220に対して生体と大地グランド間の浮遊容量 $C_b$  により結合している。

- [0117] このような構成の図21に参照される送信状態において、可変リアクタンス1は浮遊容量である「送信器グランドと大地グランド間の浮遊容量 $C_g$  219」と「生体と大地グランド間の浮遊容量 $C_b$  221」に対してリアクタンス値を変化させて共振状態を制御し、最適に近いリアクタンス値に集束させている。
- [0118] 次に、このリアクタンス値の集束の際の各電圧電流信号の変化を、図22中の(a)～(d)に示すグラフを用いて簡略的に説明する。
- [0119] まず、図22(a)には、可変容量ダイオード204に振幅 $|VAC|$ の交流電圧が印加されたときに生じる電流の直流成分IDとの関係を表したものである。逆バイアス電圧VDCがダイオード両端に生じると、ダイオードが短絡となっている期間が短くなるため、同じVACに対してIDは小さくなる。
- [0120] 図22(b)には、IDが抵抗205を流れたことによって生じる電位差(VDCと等価)のグラフ、同図(c)には可変容量ダイオードの容量 $C_v$ の電圧VDC依存性を示す。また、図22(d)は $V_b$ の振幅 $|V_b|$ の $C_v$ 依存性である。グラフ中の点は可変リアクタンスに交流信号を入力し始めてからの各電流電圧の変化を示している。容量 $C_v$ の初期値はVDC=0の時の値C1としている。また、 $|VAC|$ は $|V_b|$ に比例する。
- [0121] 交流信号が入力されるとダイオードで整流され直流電流IDを生じる(図22(a)の点「1」)。これが抵抗205を流れることにより直流電圧VDCを発生させ、これと同じ電位差が可変容量ダイオード204にも印加される。これにより容量 $C_v$ は減少し、(図22(c)の点「1」)、共振を起こす容量値に近づき $|V_b|$ は大きくなる。
- [0122]  $|VAC|$ は $|V_b|$ に比例するため、 $|VAC|$ は大きくなるが、VDCも大きくなるため $|VAC|$ とIDの関係は図22(a)の点「2」に移動する。この後も同様に $C_v$ が減少し $|VAC|$ は大きくなるが、VDCも大きくなるため、IDの変化量は徐々に小さくなりゼロに集束する。IDの変化量がゼロになると $|VAC|$ は一定となり、初期値に比べ共振での振幅に近づいている。



[0123] 以上の現象を利用して、自己調整可変リアクタンス部201の構成を図20に示した構成にすることにより、完全な共振状態にはならないものの、リアクタンス値を完全な共振状態付近にまで近づけることができる。これにより、従来の電界通信トランシーバで用いていた振幅モニタ部や制御信号発生部などの補正手段を用いることなく、リアクタンス値を自己補正できる電界通信トランシーバを提供できる。

[0124] <自己調整可変リアクタンス部II>

図23に、自己調整可変リアクタンス部201の他の構成を示す。この実施の形態では、自己調整可変リアクタンス部201の共振を起こすインダクタ203と可変容量ダイオード204は直列に接続されている。容量202、206は直流成分を遮断するためのものであり、交流信号に対しては短絡とみなせる。

[0125] この構成においても、交流信号が交流信号端子210から入力されると、可変容量ダイオード204から直流成分が生じ、それが抵抗205を流れることにより可変容量ダイオード204に逆バイアスが生じる。この現象によってリアクタンス値を共振状態付近にまで近づけることができ、従来の電界通信トランシーバで必要であった振幅モニタ部や制御信号発生部を用いずにリアクタンス値を自動補正できる。

[0126] 以上説明した本発明の第1および第2の実施の形態の構成は、電界伝達媒体に誘起した電界を介して情報の通信を行う電界通信トランシーバにおいて、通信のための送信信号と共振するためのインダクタと印加された電圧に応じて静電容量が変化する可変容量ダイオードを備えた共振回路と、共振回路に入力された送信信号を可変容量ダイオードで整流して得られた直流電流に応じて電位差を生じ、この電位差を可変容量ダイオードのアノードとカソード間に印加する抵抗器と、を有する。

[0127] また、共振回路は、前記電界通信トランシーバのグランドと大地グランド間の浮遊容量および前記電界伝達媒体と前記大地グランド間の浮遊容量との間で共振する。

[0128] また、共振回路は、インダクタと、可変容量ダイオードと、抵抗器と、が並列に接続されている。

[0129] また、共振回路は、可変容量ダイオードと、抵抗器と、が並列に接続された回路にインダクタが直列に接続されている。

[0130] また、インダクタは、端子の一方または両方に直流電流の入力を阻止するためのコ

ンデンサを配している。

[0131] また、以上説明した本発明に係る自己調整可変リアクタンス部によれば、リアクタンス値の補正回路を省略して自己補正を可能とする可変リアクタンス手段を実現し、もって回路規模が小さく低消費電力かつ良好な通信も可能とする、電界通信トランシーバを提供することができる。

[0132] <可変リアクタンス部I>

図24に、本発明の電界通信トランシーバの第1の実施の形態に係る、可変リアクタンスの構成を説明するための構成図を示す。

[0133] この図24には、可変リアクタンス部301と、この可変リアクタンス部301が外部と接続するための交流信号端子302、304と、制御信号入力303とが示されている。

[0134] さらに、この可変リアクタンス部301は、容量306、310、314と、インダクタ315と、抵抗7、9、11、13と、バッファアンプ305と、可変容量ダイオード308、312とを有している。

[0135] なお、この可変リアクタンス部301は、図25に参照される電界通信トランシーバ335に適用される。この電界通信トランシーバ335の構成は、人体などの生体320に接触する絶縁体322と、この絶縁体322に合わせて備わる送受信電極323と、図示しない外部の情報処理装置などとのデータ通信を行うためのI/O回路21と、が含まれている。

[0136] さらに、電界通信トランシーバ335は、送信回路324と、この送信回路324を構成する発振器326および変調回路325と、スイッチ327と、図24に参照される可変リアクタンス部301と、電界検出光学部328と、信号処理部329と、スイッチ330と、復調回路331と、波形整形部332と、振幅モニタ部333と、制御信号発生部334と、を備えている。

[0137] このような構成の電界通信トランシーバ335に可変リアクタンス部301を適用する場合において、図24に示した交流信号端子302、304には、共振を起こす周波数の交流信号が入力され、また、制御信号入力303にはリアクタンス値を制御するための制御信号が制御信号発生部334から入力される。交流信号端子302には送信回路324からの送信信号がスイッチ327を介して入力され、交流信号端子4の出力信号は送

受信電極323に接続される。

- [0138] また、可変リアクタンス部301の内部の容量306、310、314は、すくなくとも交流信号より低周波の信号である制御信号を遮断するために接続している。また、抵抗7、9、11、13は、周波数の高い交流信号が制御信号側に漏れるのを防ぐために接続している。制御信号入力303のバッファアンプ305は、この前段に接続される制御信号発生部334に含まれる回路素子により、可変リアクタンス部301が影響を受けて特性が変化するのを防ぐために接続している。インダクタ315と可変容量ダイオード308、312との組み合わせによる共振回路により、可変リアクタンスを実現している。
- [0139] 次に、図26と図27に、図24にて示した可変リアクタンス部301の等価回路を示す。このうち、図26に示すのは高周波である交流信号での等価回路であり、図27に示すのは低周波である制御信号での等価回路を示している。
- [0140] まず、図26に参照される交流信号に対する等価回路では、図24に参照される可変リアクタンス部301が有する各容量306、310、314を短絡とみなすことができる。また、可変容量ダイオード308、312は、容量10が短絡とみなせることから直列に接続された構成と等価となり、従って、交流信号の電圧は各可変容量ダイオード308、312にそれぞれ等分されて印加される。
- [0141] 従って、共振状態になって交流信号の電圧が大きくなっても、各可変容量ダイオード308、312にそれぞれ印加される電圧は半分になり、可変容量ダイオードが1個の構成に比べて共振の抑制を生じにくくすることができる。
- [0142] 図26の等価回路において、インダクタ340は図24のインダクタ315に等価であり、可変容量ダイオード341は図24の可変容量ダイオード308に等価、可変容量ダイオード342は図24の可変容量ダイオード312に等価である。交流信号端子900、901は交流信号端子302、304にそれぞれ等価である。
- [0143] インダクタ340に電圧VACが印加されると、このインダクタ340に並列に接続された2個の可変容量ダイオード341、342にも電圧VACが印加される。2個の可変容量ダイオード341、342は直列に接続され配置されているので、各可変容量ダイオードに印加される電圧はそれぞれ $VAC/2$ となる。ただし、可変容量ダイオード341、342は、共に電氣的に同一の特性を有するものとする。

- [0144] このため、本第1の実施の形態では、可変容量ダイオードを2個用いているが、この可変容量ダイオードは2個以上で用いてもよい。可変容量ダイオードをN個用いれば、それぞれの可変容量ダイオードに印加される交流信号の電圧VACは $VAC/N$ となり、可変容量ダイオードを2個で用いる場合に比べて、より共振の抑制を生じにくくすることができる。
- [0145] 次に、図27に参照される等価回路は、図24に参照される可変リアクタンス部301の低周波の制御信号に対する等価回路である。この低周波の制御信号から見た場合は、可変リアクタンス部301に備わる各容量306、310、314を電氣的な開放状態とみなせるので、可変容量ダイオード308、312はバッファアンプ305から見て並列に接続されているのと等価である。
- [0146] このため、図27に参照されるように、バッファアンプ343は図24におけるバッファアンプ305と等価であり、可変容量ダイオード345、346はそれぞれ可変容量ダイオード308、312に等価であり、抵抗347、348、349、350はそれぞれ抵抗7、9、11、13に等価であり、制御信号入力902は制御信号入力303と等価となる。バッファアンプ343から出力される制御信号の電圧 $V_{CON}$  (344)は、可変容量ダイオード345、346にそれぞれ印加されるので、従って両可変容量ダイオード345、346の電圧は共に $V_{CON}$ となる。
- [0147] ここで、可変リアクタンス部が例えば図28に示すように構成されている場合には、本発明の第1の実施の形態における可変リアクタンス部301と比較して、交流信号だけでなく制御信号も等分に分割されて印加される。このため、可変容量ダイオードを2個用いると、それぞれの可変容量ダイオードに印加される制御信号は $1/2$ になってしまうので、容量の可変範囲が可変リアクタンス部301の構成に比べて半減する。
- [0148] すなわち、交流信号端子903、905に印加された高周波信号は容量355、360を短絡して流れ、インダクタ315には例えばVACの電圧が印加される。可変容量ダイオード358、359は単に直列接続されているのみであるので、インダクタ315に印加されている電圧VACが等分に分割され、それぞれに電圧 $VAC/2$ が印加される。
- [0149] また、制御信号入力905から入力された可変容量ダイオード358、359の容量を可変制御するための制御信号 $V_{CON}$  は、バッファアンプ361を介して抵抗356、357を

介し可変容量ダイオード358、359に印加される。可変容量ダイオード358、359に印加される制御信号は、それぞれ $V_{\text{CON}}/2$ となる。

[0150] 一方、本第1の実施の形態による可変リアクタンス部301では、印加電圧が耐電圧よりも大きくなったことによる共振の抑制が生じることを防ぎ、かつ可変容量ダイオードの容量可変範囲を減少させない回路構成となっている。

[0151] <可変リアクタンス部II>

図29には、本発明の電界通信トランシーバの第2の実施の形態に係る、可変リアクタンス部の構成を説明するための構成図を示す。

[0152] この図29に参照される可変リアクタンス部301は、交流信号端子906、907と、制御信号入力908と、を備える点で、既に図24にて示した本発明の第1の実施の形態による可変リアクタンス部301と同様の構成である。

[0153] しかしながら、内部構成として、容量365、369、372、374と、抵抗375、376、377、378、379、380、381と、リアクタンス366と、バッファアンプ367と、可変容量ダイオード368、370、371、373と、を備えるところに特徴がある。

[0154] 一般に可変容量ダイオードの電流電圧特性は非対称であり、半導体の特性で決まる所定の値より大きいアノード電位の時は可変容量ダイオードは短絡になってしまうので、従って交流信号の振幅が抑制されてしまう。これを防ぐために高周波の交流信号に対して可変容量ダイオードを直列かつ逆方向にも接続している。この構成により、一方の可変容量ダイオードに耐圧を越えた電圧が印加されて短絡となっても、逆方向の可変容量ダイオードは短絡になっていないため、交流信号の振幅が抑制されることはない。

[0155] すなわち、可変容量ダイオード368、370と可変容量ダイオード371、373とが互いに直列にかつ逆方向に接続されることにより、どちらかの可変容量ダイオードに耐電圧を越えた電圧が印加されても、短絡による交流信号の振幅の抑制は生じない。

[0156] <可変リアクタンス部III>

図30は、本発明の第3の実施の形態に係る、可変リアクタンス部を説明するための構成図である。本構成では、インダクタ203と可変容量ダイオード523、524で直列に接続して可変リアクタンス部301を形成している。容量226は制御信号が交流信号

端子に漏れることを防ぐために接続している。また、周波数の高い信号が制御信号側に漏れるのを防ぐために抵抗220、222を接続している。

[0157] さらに、周波数の低い信号に対して可変容量ダイオード523のカソードの電位がゼロとなり、周波数の高い信号に対しては可変容量ダイオード524のアノードと回路グラウンド218がショートにならないように、抵抗221を可変容量ダイオード523と容量225との間に接続している。この接続においても、交流信号の電圧は各可変容量ダイオード523、524にそれぞれ分割されて印加され、制御信号の電圧は各可変容量ダイオード523、524に分割されずに印加される。

[0158] したがって、交流信号が耐電圧より大きくなったことによる共振の抑制が生じることを防ぎ、かつ可変容量ダイオード523、524の容量可変範囲を減少させない回路構成となっている。

[0159] <可変リアクタンス部IV>

図31は、本発明の第4の実施の形態に係る、可変リアクタンス部を説明するための構成図である。この第4の実施の形態の構成は、先に説明した本発明の第2の実施の形態および第3の実施の形態とを組み合わせた構成となっている。

[0160] すなわち、インダクタ203と可変容量ダイオード505～508で直列に接続して可変リアクタンスを形成し、この可変容量ダイオード505～508を高周波の交流信号に対して図31に参照されるように直列かつ逆方向にも接続している。この構成により一方が短絡となっても、逆方向の可変容量ダイオードは短絡になっていないため、交流信号の振幅が抑制されることはない。

[0161] 以上説明した本発明の実施の形態の構成は、送信すべき情報に基づく電界を電界伝達媒体に誘起し、この誘起した電界を用いて情報の送信を行う一方で、電界伝達媒体に誘起された受信すべき情報に基づく電界を受信することによって情報の受信を行う電界通信トランシーバであって、電界伝達媒体に印加される送信の電圧が最大となるようにリアクタンス値を変化させ、送信に係る発信器のグラウンドと大地グラウンド間の浮遊容量と電界伝達媒体と大地グラウンド間の浮遊容量との共振状態を制御するための可変リアクタンス手段と、共振状態を得るために可変リアクタンス手段において並列共振回路を形成するインダクタと、インダクタと並列接続されて並列共振回路

における共振状態を制御するために直列に複数で接続された容量可変の可変容量手段と、を備える。

[0162] また、可変容量手段は、アノードとカソードの2極を有する2個の可変容量ダイオードであって、一方の可変容量ダイオードのアノードと、他方の可変容量ダイオードのカソードと、がキャパシタを介して直列に接続され、情報の送信に係る高周波信号に対してはキャパシタが短絡してインダクタと可変容量ダイオードとで構成される並列共振回路として動作し、制御に係る低周波信号に対しては可変容量ダイオードがキャパシタにより絶縁されて低周波信号の信号源に対して並列接続となり可変容量ダイオードの容量が可変制御される。

[0163] また、可変容量手段は、同様の構成を有する他の可変容量手段に対して互いのアノード同士でキャパシタを介することなく直列に接続されている。

また、可変容量ダイオードがすくなくとも3個以上で直列接続されている。

[0164] 以上説明した本発明の実施の形態によれば、可変容量ダイオードの耐電圧特性を改善することができ、もって可変容量ダイオードの電気特性に起因する共振の抑制を防止することができ、十分な強度の電界通信を提供することが可能な電界通信トランシーバを提供することができる。

[0165] 次に、図32に電界通信を利用した送電システムの原理図を示す。

大地グラウンド404に設置された設置端末側トランシーバ403から生体(電界伝達媒体)401に交流信号を印加し、生体401に接触している携帯端末側トランシーバ402で交流信号を直流の電力に変換して携帯端末側トランシーバ402内の図示しない回路に送電する。図32では交流信号を直流電力に変換する整流器や送信・受信部をまとめて入力インピーダンス $Z_L$  410で表している。また、送受信電極416と生体401間の容量は十分大きいとして無視している。

[0166] 効率よく電力を携帯端末側トランシーバ402に送るためには $Z_L$  410に印加される電圧を大きくする必要があるが、信号源 $V_s$  414から直接生体401に印加した場合には携帯端末側トランシーバ402と大地グラウンド404間に存在する浮遊容量 $C_g$  405により $Z_L$  410に印加される電圧は小さくなる。本システムでは設置側トランシーバ403にリアクタンス $X_g$  408、 $X_b$  409を挿入し浮遊容量 $C_g$  405や送受信電極416と大地グラウンド4

04間および生体401と大地グランド404間の浮遊容量 $C_{sg}$  407、および $C_b$  406と共振させることにより信号強度を増加させている。

[0167] <第4の実施の形態>

図33に、本発明の第4の実施の形態を示す。

この図33には、携帯端末側トランシーバ402と、電界伝達媒体である生体401と、設置端末側トランシーバ403と、コンピュータ427と、が示されている。設置端末側トランシーバ403には変動する浮遊容量に対して共振状態を保つために可変リアクタンス部 $X_g$  420、および可変リアクタンス部 $X_b$  421を制御するためのリアクタンス制御部422を備えている。

[0168] また、常に電力を携帯端末側トランシーバ402に送るため、設置端末側トランシーバ403からの送信信号には携帯端末側トランシーバ402からの送信信号と異なる周波数を用いている。各トランシーバでこれらを弁別するためにフィルタA425とフィルタB426とを設置している。フィルタA425では周波数 $f_1$ の信号を通過させ周波数 $f_2$ の信号を遮断させるために、周波数 $f_1$ でインピーダンスを低く周波数 $f_2$ でインピーダンスを高くする構成を備えている。また、フィルタB426では、逆に、周波数 $f_1$ の信号を遮断し周波数 $f_2$ の信号を通過させるために、周波数 $f_2$ インピーダンスを低く周波数 $f_1$ でインピーダンスを高くする構成を備えている。

[0169] 設置端末側トランシーバ403から生体401に印加された信号は携帯端末側トランシーバ402内のフィルタA428を通して整流・電力蓄積部430に入力される。整流・電力蓄積部430では、入力された交流電圧を直流に変換して蓄積し、直流電力として携帯端末側トランシーバ402内の図示しない各ブロックに配電する。配電された後、端末制御・データ蓄積部432からデータを送信部に出力する。

[0170] 送信部431では、入力されたデータを周波数 $f_2$ で変調しフィルタB429を通して生体401に印加する。この信号を設置端末側トランシーバ402にてフィルタB426を通した後に受信部424で復調し、データをコンピュータ427に入力する。以上がシステム全体でのデータの流れである。

[0171] 次にリアクタンス制御法について説明する。

図34にリアクタンス制御部422のブロック図を示し、図35には印加電圧振幅 $|V_b$



| のリアクタンス $X_g$ 、 $X_b$ 依存性を示す。

図35に示すように、リアクタンス $X_b$ を一定にして $X_g$ を変化させると振幅 $|V_b|$ はあるリアクタンス値 $X_{g,max}(X_b)$ でピークとなる。このピーク値 $V_{b,max}(X_b)$ はリアクタンス $X_b$ に依存し、あるリアクタンス値で最大となる。

[0172] リアクタンス制御部422では、この最大値を見付ける作業を行う。 $X_b$ をパラメータとして $X_g$ を変化させ、このときの電圧振幅 $V_b$ を振幅モニタで検出し演算・制御・記憶部に記憶する。このとき振幅をモニタするための信号線で特性が変化するのを防ぐためと、周波数 $f_1$ の信号のみを検出するために、リアクタンス制御部422の入力段に入力インピーダンスの高い高入力インピーダンスバンドパスフィルタ436を用いる。次に、振幅モニタ部437を経由した後、演算・制御・記憶部435で $V_b$ の最大値を探しだし、そのときのリアクタンス値に $X_b$ 、 $X_g$ を設定する。

[0173] なお、図45に図示する通り、携帯端末側トランシーバ402に受信部433を設け、設置端末側トランシーバ403に、交流信号源423に替わって、データの変調を行う送信部434を使用すれば、両トランシーバ402、403の間での全二重双方向通信が可能な電界通信システム411を構成することができる。また、携帯端末側トランシーバ402の送信部431の出力に図示しない可変リアクタンスを挿入し、浮遊容量と共振させることにより携帯端末側トランシーバ402から生体401に印加する信号を大きくすることも可能である。

[0174] 次に、図36に本発明の第4の実施の形態のひとつの変形例を示す。

図33では可変リアクタンス部 $X_b$ 421を送受信電極418と大地グランド間に挿入していたが、本変形例では交流信号源423と大地グランド間に挿入している。このような構成でも同じ効果を得ることができる。

[0175] 以上の構成により、生体401に印加される電圧を大きくすることができ、結果として生体401が携帯している携帯端末側トランシーバ402に電力が送電できる。このような構成の携帯端末側トランシーバ402および設置端末側トランシーバ403の組み合わせによる電界通信システムを用いれば利便性の高い通信システムを実現することができる。

[0176] <第5の実施の形態>

図37に、本発明の第5の実施の形態に係るリアクタンス制御部422の構成を示す。

第5の実施の形態の構成では、リアクタンス制御部422が交互に可変リアクタンス部 $X_b$  421と可変リアクタンス制御部 $X_g$  420のそれぞれのリアクタンス値を変化させて調整する方法をとっている。

- [0177] はじめに可変リアクタンス部 $X_b$  421のリアクタンス値を一定にし、図35に参照される $|V_b|$ が最大になるように可変リアクタンス部 $X_g$  420のリアクタンス値を調整する。この調整の際には、スイッチ441の接点aは接点cに接続しており、入力信号は振幅モニタ部437を経由して制御信号発生部A442に入力されている。制御信号発生部A442にて発生された制御信号は、可変リアクタンス部 $X_g$  420に入力され、リアクタンス値の調整が実行される。
- [0178] また、可変リアクタンス部 $X_g$  420のリアクタンス値の調整後、スイッチ441を切り替えて接点aと接点bとを接続し、可変リアクタンス制御部 $X_g$  420のリアクタンス値を固定し、図35に参照される $|V_b|$ が最大値になるように可変リアクタンス部 $X_b$  421のリアクタンス値を調整する。これを繰り返すことにより最適リアクタンス値に調整していく。こうした構成のリアクタンス制御部422により、既に説明した第4の実施の形態と同様の効果を得ることができる。なお、制御信号発生部A442と制御信号発生部B443とは、共に調整用信号発生部440からの調整用信号が入力されないと、リアクタンス値を保持するための制御信号をそれぞれ可変リアクタンス制御部 $X_g$  420と可変リアクタンス部 $X_b$  421とに対して送出する。

[0179] <第6の実施の形態>

図38に、本発明の第6の実施の形態を説明するための構成図を示す。

この第6の実施の形態では、リアクタンス制御部422を必要とせずに自己のリアクタンス値の調整が可能な自己調整可変リアクタンス部445を用いている。図39に自己調整可変リアクタンス部445の具体的な構成を示す。容量446と容量450は直流成分を遮断するためのもので、交流信号に対しては短絡とみなせるとする。

- [0180] 図39に示した構成による動作を説明するための図を図40(a)～(d)に示す。図40(a)には、可変容量ダイオード448に振幅 $|V_{AC}|$ 交流電圧が印加されたときに生

じる電流の直流成分IDの関係を表したものである。逆バイアス電圧VDCがダイオード両端に生じると、ダイオードが短絡となっている期間が短くなるため、同じVACに対してIDは小さくなる。

[0181] 図40(b)にはIDが抵抗を流れたことによって生じる電位差(VDCと等価)のグラフ、同図(c)には可変容量ダイオードの容量 $C_v$ の電圧VDC依存性を示す。また、図40(d)は $V_b$ の振幅 $|V_b|$ の $C_v$ 依存性である。グラフ中の点は可変リアクタンスに交流信号を入力し始めてからの各電流電圧の変化を示している。容量 $C_v$ の初期値はVDC=0の時の値C1としている。また、 $|VAC|$ は $|V_b|$ に比例する。

[0182] 交流信号が入力されるとダイオードで整流され直流電流IDを生じる(図40(a)の点「1」)。これが抵抗を流れることにより直流電圧VDCを発生させ、これと同じ電位差が可変容量ダイオードにも印加される。これにより容量 $C_v$ は減少し(図40(c)の点「1」)、共振を起こす容量値に近づき $|V_b|$ は大きくなる。

[0183]  $|VAC|$ は $|V_b|$ に比例するため、 $|VAC|$ は大きくなるが、VDCも大きくなっているため $|VAC|$ とIDの関係は図40(a)の点「2」に移動する。この後も同じように $C_v$ が減少し $|VAC|$ は大きくなるが、VDCも大きくなるためIDの変化量は徐々に小さくなりゼロに収束する。IDの変化量がゼロになると $|VAC|$ は一定となり、初期値に比べ共振での振幅に近づく。図40に示す(a)～(d)に示すように、点「1」から点「4」へと移動するように制御が行われる。

[0184] 自己調整可変リアクタンス部445を用いればリアクタンス制御部で制御する可変リアクタンスを1個にでき調整の複雑さが緩和される。

[0185] 図41に、第6の実施の形態に適用されるリアクタンス制御部422のブロック図を示す。リアクタンス制御部422で制御する必要があるリアクタンスは可変リアクタンス部452の1個のみであるため、制御信号発生部451も1個でよい。

[0186] なお、第6の実施の形態では交流信号源423の次段に自己調整可変リアクタンス部445を設置しているが、自己調整可変リアクタンス部445と可変リアクタンス部452とを入れ替えても同じ効果が得られる。

[0187] 以上説明した本発明の実施の形態による電界通信トランシーバおよび電界通信システムによれば、設置端末側トランシーバから携帯端末側トランシーバに大きな電圧

を印加でき、もって携帯端末側トランシーバに電力を送電することができる。

#### 産業上の利用可能性

- [0188] 本発明に係る送信器、電界通信トランシーバおよび電界通信システムは、コンピュータと一体に構成され、例えば人間の身体に装着可能なウェアラブルコンピュータシステムにおいて利用することができる。

## 請求の範囲

- [1] 送信すべき情報に基づく電界を電界伝達媒体(20)に誘起し、この誘起した電界を介して前記送信すべき情報を送信するための送信器(150, 151, 152)において、  
前記送信すべき情報を所定の周波数を有する交流信号によって変調した変調信号を送信するための送信手段(3, 16)と、  
前記変調信号に基づく電界を前記電界伝達媒体(20)に誘起させるための送信電極(8)と、  
前記送信手段(3, 16)のグラウンド(6, 29)と大地グラウンド(14)との間に生じる浮遊容量と、前記電界伝達媒体(20)と前記送信手段(3, 16)のグラウンド(6, 29)との間に生じる浮遊容量と、前記電界伝達媒体(20)と前記大地グラウンド(14)との間に生じる浮遊容量と、のそれぞれと共振するために前記送信手段(3, 16)の出力と前記送信電極(8)との間に設けられた第1のリアクタンス手段(2, 19)と、  
それぞれの前記浮遊容量と共振するために、前記送信手段(3, 16)の出力と前記送信手段(3, 16)のグラウンド(6, 29)との間か、もしくは前記送信電極(8)と前記送信手段(3, 16)のグラウンド(6, 29)との間のいずれかに設けられた第2のリアクタンス手段(1, 21)と、  
を備えることを特徴とする送信器。
- [2] 前記第1のリアクタンス手段(2, 19)と前記第2のリアクタンス手段(1, 21)とのいずれか一方は自身のリアクタンス値を可変可能な可変リアクタンス手段であって、  
前記送信手段(3, 16)により前記電界伝達媒体(20)に印加される前記送信の電圧が最大となるように前記可変リアクタンス手段の前記リアクタンス値を制御するためのリアクタンス制御手段(22)  
を備えることを特徴とする請求項1に記載の送信器。
- [3] 前記第1のリアクタンス手段(2, 19)と前記第2のリアクタンス手段(1, 21)との両方は自身のリアクタンス値を可変可能な可変リアクタンス手段であって、  
前記送信手段(3, 16)により前記電界伝達媒体(20)に印加される前記送信の電圧が最大となるように前記第1のリアクタンス手段(2, 19)と前記第2のリアクタンス手段(1, 21)のそれぞれの前記リアクタンス値を制御するためのリアクタンス制御手段(

22)

を備えることを特徴とする請求項1に記載の送信器。

[4]

前記リアクタンス制御手段(22)は、

前記リアクタンス値の調整に用いる調整用信号を発生させるための調整用信号発生手段(24)と、

前記調整用信号発生手段から出力される前記調整用信号を用いて前記送信の電圧の振幅を検出するための振幅検出手段(25)と、

前記振幅検出手段で検出した振幅に基づいて前記第1の可変リアクタンス手段(2, 19)のリアクタンス値を制御する制御信号を出力するための第1の制御信号発生手段(28)と、

前記振幅検出手段で検出した振幅に基づいて前記第2の可変リアクタンス手段(1, 21)のリアクタンス値を制御する制御信号を出力するための第2の制御信号発生手段(27)と、

前記第1の可変リアクタンス手段(2, 19)のリアクタンス値の制御において前記振幅検出手段(25)と前記第1の制御信号発生手段(28)と、を接続し、

前記第2の可変リアクタンス手段(1, 21)のリアクタンス値の制御において前記振幅検出手段(25)と前記第2の制御信号発生手段(27)と、を接続するための接続手段(26)と、

を備えることを特徴とする請求項3に記載の送信器。

[5]

前記第2の可変リアクタンス手段(1, 21)は、

前記送信電極(8)と前記送信手段(3, 16)のグランド(6, 29)と、の間に設けられ、  
前記リアクタンス制御手段(22)は、前記電界伝達媒体(20)に印加される前記送信の電圧が最大となるように前記第1の可変リアクタンス手段(2, 19)および前記第2の可変リアクタンス手段(1, 21)のそれぞれのリアクタンス値を制御して調整し、前記第2の可変リアクタンス手段(1, 21)のリアクタンス値の前記調整後に、このリアクタンス値を微小に変化させ、

前記第2の可変リアクタンス手段(1, 21)のリアクタンス値の調整時において前記第2の可変リアクタンス手段(1, 21)と前記送信手段(3, 16)とに直列に接続される抵

抗器(33)と、

前記第2の可変リアクタンス手段(1, 21)のリアクタンス値の調整時において前記抵抗器(33)と前記送信手段(3, 16)との接続と、第1の可変リアクタンス手段(2, 19)のリアクタンス値の調整時において前記送信手段(3, 16)と前記第1の可変リアクタンス手段(2, 19)との接続と、前記抵抗器(33)と前記送信手段(3, 16)のグランド(29)との接続と、を行うための接続手段(32)と、

を備えることを特徴とする請求項3に記載の送信器。

[6] 前記第2の可変リアクタンス手段(1, 21)は、

前記送信手段(3, 16)の出力と該送信手段(3, 16)のグランド(6, 29)と、の間に設けられ、

前記リアクタンス制御手段(22)は、前記電界伝達媒体(20)に印加される前記送信の電圧が最大となるように前記第1の可変リアクタンス手段(2, 19)および前記第2の可変リアクタンス手段(1, 21)のそれぞれのリアクタンス値を制御して調整し、前記第1の可変リアクタンス手段(2, 19)のリアクタンス値の前記調整後に、このリアクタンス値を微小に変化させ、

前記第1の可変リアクタンス手段(2, 19)のリアクタンス値の調整時において前記第2の可変リアクタンス手段(1, 21)と前記送信手段(3, 16)のグランド(6, 29)とを切断し、前記第2の可変リアクタンス手段(1, 21)のリアクタンス値の調整時において前記第2の可変リアクタンス手段(1, 21)と送信手段(3, 16)のグランド(6, 29)とを接続するための接続手段(18)

を備えることを特徴とする請求項3に記載の送信器。

[7] 前記第1の可変リアクタンス手段(2, 19)もしくは前記第2の可変リアクタンス手段(1, 21)のいずれか一方において、

インダクタ(54)と、印加された電圧に応じて静電容量が変化する可変容量ダイオード(56)と、を備え、前記浮遊容量と共振するための共振回路と、

前記共振回路に入力された送信信号を前記可変容量ダイオードで整流して得られた直流電流に応じた電位差を前記可変容量ダイオードのアノードとカソード間に印加するための抵抗器(57)と、を有する自己調整可変リアクタンス手段(52)を備え、

前記リアクタンス制御手段(51)により、前記電界伝達媒体(20)に印加される前記送信の電圧が最大となるように前記自己調整可変リアクタンス手段(52)以外の前記第1の可変リアクタンス手段(2, 19)もしくは前記第2の可変リアクタンス手段(1, 21)のいずれかのリアクタンス値を制御することを特徴とする請求項3に記載の送信器。

- [8] 送信すべき情報に基づく電界を電界伝達媒体(20)に誘起し、この誘起した電界を介して前記送信すべき情報を送信し、前記電界伝達媒体(20)に誘起された受信すべき情報に基づく電界を介して前記受信すべき情報の受信を行うための電界通信トランシーバ(15)において、

前記送信すべき情報を所定の周波数を有する交流信号によって変調した変調信号を送信するための送信手段(3, 16)と、

前記変調信号に基づく電界を前記電界伝達媒体(20)に誘起し、および前記受信すべき情報に基づく電界を受信するための送受信電極(8)と、

前記送信手段(3, 16)のグラウンド(6, 29)と大地グラウンド(14)との間に生じる浮遊容量と、前記電界伝達媒体(20)と前記送信手段(3, 16)のグラウンド(6, 29)との間に生じる浮遊容量と、前記電界伝達媒体(20)と前記大地グラウンド(14)との間に生じる浮遊容量と、のそれぞれと共振するために前記送信手段(3, 16)の出力と前記送受信電極(8)との間に設けられた第1のリアクタンス手段(2, 19)と、

それぞれの前記浮遊容量と共振するために、前記送信手段の出力と前記送信手段(3, 16)のグラウンド(6, 29)との間か、もしくは前記送受信電極(8)と前記送信手段(3, 16)のグラウンド(6, 29)との間のいずれかに設けられた第2のリアクタンス手段(1, 21)と、

前記受信すべき情報に基づく電界を検出して電気信号に変換し復調して受信するための受信手段(23)と、

前記受信時に受信信号が前記送信手段(3, 16)に漏洩するのを防ぐために前記送信手段(3, 16)の出力から前記送受信電極(8)までの信号経路を切断し、一方、前記送信時には送信信号を前記送受信電極(8)に出力するために前記送信手段(3, 16)の出力から前記送受信電極(8)までの信号経路を接続するための第1の接続手段(31)と、



前記受信時に受信信号が前記送信手段(3, 16)のグランド(6, 29)に漏洩するのを防ぐために前記第2のリアクタンス手段(1, 21)と前記送信手段(3, 16)のグランド(6, 29)とを切断し、一方、前記送信時には前記第2のリアクタンス手段(1, 21)が共振するために前記第2のリアクタンス手段(1, 21)と前記送信手段(3, 16)のグランド(6, 29)とを接続するための第2の接続手段(18)と、  
を備えることを特徴とする電界通信トランシーバ。

- [9] 前記第1のリアクタンス手段(2, 19)と前記第2のリアクタンス手段(1, 21)とのいずれか一方は自身のリアクタンス値を可変可能な可変リアクタンス手段であって、  
前記送信手段(3, 16)により前記電界伝達媒体(20)に印加される前記送信の電圧が最大となるように前記可変リアクタンス手段(1, 2, 19, 21)の前記リアクタンス値を制御するためのリアクタンス制御手段(22)  
を備えることを特徴とする請求項8に記載の電界通信トランシーバ。

- [10] 前記第1のリアクタンス手段(2, 19)と前記第2のリアクタンス手段(1, 21)との両方は自身のリアクタンス値を可変可能な可変リアクタンス手段であって、  
前記送信手段(3, 16)により前記電界伝達媒体(20)に印加される前記送信の電圧が最大となるように前記第1のリアクタンス手段(2, 19)と前記第2のリアクタンス手段(1, 21)のそれぞれの前記リアクタンス値を制御するためのリアクタンス制御手段(22)  
を備えることを特徴とする請求項8に記載の電界通信トランシーバ。

- [11] 前記リアクタンス制御手段(22)は、  
前記リアクタンス値の調整に用いる調整用信号を発生させるための調整用信号発生手段(24)と、  
前記調整用信号発生手段(24)から出力される前記調整用信号を用いて前記送信の電圧の振幅を検出するための振幅検出手段(25)と、  
前記振幅検出手段(25)で検出した振幅に基づいて前記第1の可変リアクタンス手段(2, 19)のリアクタンス値を制御する制御信号を出力するための第1の制御信号発生手段(28)と、  
前記振幅検出手段で検出した振幅に基づいて前記第2の可変リアクタンス手段(1

, 21)のリアクタンス値を制御する制御信号を出力するための第2の制御信号発生手段(27)と、

前記第1の可変リアクタンス手段(2, 19)のリアクタンス値の制御において前記振幅検出手段(25)と前記第1の制御信号発生手段(28)と、を接続し、

前記第2の可変リアクタンス手段(1, 21)のリアクタンス値の制御において前記振幅検出手段(25)と前記第2の制御信号発生手段(27)と、を接続するための接続手段(26)と、

を備えることを特徴とする請求項10に記載の電界通信トランシーバ。

[12] 前記第2の可変リアクタンス手段(1, 21)は、

前記送信電極(8)と前記送信手段(3, 16)のグラウンド(6, 29)と、の間に設けられ、

前記リアクタンス制御手段(22)は、前記電界伝達媒体(20)に印加される前記送信の電圧が最大となるように前記第1の可変リアクタンス手段(2, 19)および前記第2の可変リアクタンス手段(1, 21)のそれぞれのリアクタンス値を制御して調整し、前記第2の可変リアクタンス手段(1, 21)のリアクタンス値の前記調整後に、このリアクタンス値を微小に変化させ、

前記第2の可変リアクタンス手段(1, 19)のリアクタンス値の調整時において前記第2の可変リアクタンス手段(1, 19)と前記送信手段(3, 16)とに直列に接続される抵抗器(33)と、

前記第2の可変リアクタンス手段(1, 19)のリアクタンス値の調整時において前記抵抗器(33)と前記送信手段(3, 16)との接続と、第1の可変リアクタンス手段(2, 21)のリアクタンス値の調整時において前記送信手段(3, 16)と前記第1の可変リアクタンス手段(2, 19)との接続と、前記抵抗器(33)と前記送信手段(3, 16)のグラウンド(6, 29)との接続と、を行うための接続手段(32)と、

を備えることを特徴とする請求項10に記載の電界通信トランシーバ。

[13] 前記第2の可変リアクタンス手段(1, 21)は、

前記送信手段(3, 16)の出力と該送信手段(3, 16)のグラウンド(6, 29)と、の間に設けられ、

前記リアクタンス制御手段(22)は、前記電界伝達媒体(20)に印加される前記送

信の電圧が最大となるように前記第1の可変リアクタンス手段(2, 19)および前記第2の可変リアクタンス手段(1, 21)のそれぞれのリアクタンス値を制御して調整し、前記第1の可変リアクタンス手段(2, 19)のリアクタンス値の前記調整後に、このリアクタンス値を微小に変化させ、

前記第1の可変リアクタンス手段(2, 19)のリアクタンス値の調整時において前記第2の可変リアクタンス手段(1, 21)と前記送信手段(3, 16)のグラウンド(6, 29)とを切断し、前記第2の可変リアクタンス手段(1, 21)のリアクタンス値の調整時において前記第2の可変リアクタンス手段(1, 21)と前記送信手段(3, 16)のグラウンド(6, 29)とを接続するための接続手段(18)

を備えることを特徴とする請求項10に記載の電界通信トランシーバ。

- [14] 前記第1の可変リアクタンス手段(2, 19)もしくは前記第2の可変リアクタンス手段(1, 21)のいずれか一方において、

インダクタ(54)と、印加された電圧に応じて静電容量が変化する可変容量ダイオード(56)と、を備え、前記浮遊容量と共振するための共振回路と、

前記共振回路に入力された送信信号を前記可変容量ダイオード(56)で整流して得られた直流電流に応じた電位差を前記可変容量ダイオード(56)のアノードとカソード間に印加するための抵抗器(57)と、を有する自己調整可変リアクタンス手段(52)を備え、

前記リアクタンス制御手段(22)により、前記電界伝達媒体(20)に印加される前記送信の電圧が最大となるように前記自己調整可変リアクタンス手段(52)以外の前記第1の可変リアクタンス手段(2, 19)もしくは前記第2の可変リアクタンス手段(1, 21)のいずれかのリアクタンス値を制御することを特徴とする請求項10に記載の電界通信トランシーバ。

- [15] 前記第2の可変リアクタンス手段(1, 21)は、

前記送受信電極(8)と前記送信手段(3, 16)のグラウンド(6, 29)と、の間に設けられ、

前記リアクタンス制御手段(22)においては、前記電界伝達媒体(20)に印加される前記送信の電圧が最大となるように前記第1の可変リアクタンス手段(2, 19)および

前記第2の可変リアクタンス手段(1, 21)のそれぞれのリアクタンス値を制御して調整し、前記第2の可変リアクタンス手段(1, 21)のリアクタンス値調整後に、このリアクタンス値を微小に変化させ、

前記第1の接続手段(31)は、前記第2の可変リアクタンス手段(1, 21)のリアクタンス値の調整時には前記抵抗器(33)と前記送信手段(3, 16)とを接続し、前記第1の可変リアクタンス手段(2, 19)のリアクタンス値の調整時には前記送信手段(3, 16)と前記第1の可変リアクタンス手段(2, 19)とを接続および前記抵抗器(33)と前記送信手段(3, 16)のグラウンド(6, 29)とを接続し、一方、前記受信時には前記第1の可変リアクタンス手段(2, 19)と前記送信手段(3, 16)とを切断することを特徴とする請求項10に記載の電界通信トランシーバ。

- [16] 前記第2の可変リアクタンス手段(1, 21)は、  
前記送信手段(3, 16)の出力と前記送信手段(3, 16)のグラウンド(6, 29)との間に設けられ、

前記リアクタンス制御手段(22)において、前記電界伝達媒体(20)に印加される前記送信の電圧が最大となるように前記第1の可変リアクタンス手段(2, 19)および前記第2の可変リアクタンス手段(1, 21)のそれぞれのリアクタンス値を制御して調整し、前記第1の可変リアクタンス手段(2, 19)のリアクタンス値調整後に、このリアクタンス値を微小に変化させ、

前記第2の接続手段(18)は、前記第1の可変リアクタンス手段(2, 19)のリアクタンス値の調整時において、前記第2の可変リアクタンス手段(1, 21)と前記送信手段(3, 16)のグラウンド(6, 29)とを切断し、一方、前記第2の可変リアクタンス手段(1, 21)のリアクタンス値の調整時において、前記第2の可変リアクタンス手段(1, 21)と前記送信手段(3, 16)のグラウンド(6, 29)とを接続することを特徴とする請求項10に記載の電界通信トランシーバ。

- [17] 前記受信手段(23)への入力の前記第1の接続手段(31)に接続されており、  
前記第1の接続手段(31)は、前記送信時に前記送受信電極(8)と前記受信手段(23)の入力との信号経路を切断し、一方、前記受信時に前記送受信電極(8)と前記受信手段(23)の入力との信号経路を接続することを特徴とする請求項8～16のい

ずれかに記載の電界通信トランシーバ。

- [18] 電界伝達媒体(215)に誘起した電界を介して情報の通信を行う電界通信トランシーバ(200)において、

前記通信のための送信信号と共振するためのインダクタ(203)と印加された電圧に応じて静電容量が変化する可変容量ダイオード(204)を備えた共振回路と、

前記共振回路に入力された前記送信信号を前記可変容量ダイオード(204)で整流して得られた直流電流に応じて電位差を生じ、この電位差を前記可変容量ダイオード(204)のアノードとカソード間に印加する抵抗器(205)と、

を有することを特徴とする電界通信トランシーバ。

- [19] 前記共振回路は、

前記電界通信トランシーバ(200)のグランド(218)と大地グランド(220)間の浮遊容量および前記電界伝達媒体(215)と前記大地グランド(220)間の浮遊容量との間で共振することを特徴とする請求項18に記載の電界通信トランシーバ。

- [20] 前記共振回路は、

前記インダクタ(203)と、前記可変容量ダイオード(204)と、前記抵抗器(205)と、が並列に接続されていることを特徴とする請求項18または19のいずれかに記載の電界通信トランシーバ(200)。

- [21] 前記共振回路は、

前記可変容量ダイオード(204)と、前記抵抗器(205)と、が並列に接続された回路に前記インダクタ(203)が直列に接続されていることを特徴とする請求項18または19のいずれかに記載の電界通信トランシーバ。

- [22] 前記インダクタ(203)は、

端子の一方または両方に直流電流の入力を阻止するためのコンデンサ(202, 206)を配していることを特徴とする請求項18から21のいずれか一項に記載の電界通信トランシーバ。

- [23] 送信すべき情報に基づく電界を電界伝達媒体(320)に誘起し、この誘起した電界を用いて情報の送信を行う一方で、前記電界伝達媒体(320)に誘起された受信すべき情報に基づく電界を受信することによって情報の受信を行う電界通信トランシーバ。

バ(335)であって、

前記電界伝達媒体(320)に印加される前記送信の電圧が最大となるようにリアクタンス値を変化させ、前記送信に係る発信器(326)のグランドと大地グランド間の浮遊容量と前記電界伝達媒体(320)と前記大地グランド間の浮遊容量との共振状態を制御するための可変リアクタンス手段(301)と、

前記共振状態を得るために前記可変リアクタンス手段(301)において並列共振回路を形成するインダクタ(315)と、

前記インダクタ(315)と並列接続されて前記並列共振回路における前記共振状態を制御するために直列に複数で接続された容量可変の可変容量手段(308, 312, 358, 359, 368, 370, 371, 373, 505, 506, 507, 508, 523, 524, 671)と、  
を備えることを特徴とする電界通信トランシーバ。

[24] 前記可変容量手段は、

アノードとカソードの2極を有する2個の可変容量ダイオード(308, 312; 368, 370; 371, 373; 523, 524; 505, 506; 507, 508)であって、一方の前記可変容量ダイオード(308, 312; 368, 370; 371, 373; 523, 524; 505, 506; 507, 508)の前記アノードと、他方の前記可変容量ダイオード(308, 312; 368, 370; 371, 373; 523, 524; 505, 506; 507, 508)の前記カソードと、がキャパシタ(310; 369; 372; 509; 510; 525)を介して直列に接続され、

前記情報の送信に係る高周波信号に対しては前記キャパシタ(310; 369; 372; 509; 510; 525)が短絡して前記インダクタ(315)と前記可変容量ダイオード(308, 312; 368, 370; 371, 373; 523, 524; 505, 506; 507, 508)とで構成される前記並列共振回路として動作し、

前記制御に係る低周波信号に対しては前記可変容量ダイオード(308, 312; 368, 370; 371, 373; 523, 524; 505, 506; 507, 508)が前記キャパシタ(310; 369; 372; 509; 510; 525)により絶縁されて前記低周波信号の信号源に対して並列接続となり前記可変容量ダイオード(308, 312; 368, 370; 371, 373; 523, 524; 505, 506; 507, 508)の容量が可変制御されることを特徴とする請求項23に記載の電界通信トランシーバ(335)。

- [25] 前記可変容量手段は、  
同様の構成を有する可変容量手段(370, 371;506, 507)に対して互いの前記アノード同士で前記キャパシタ(310;369;372;509;510;525)を介することなく直列に接続されていることを特徴とする請求項24に記載の電界通信トランシーバ。
- [26] 前記可変容量ダイオード(308, 312, 358, 359, 368, 370, 371, 373, 505, 506, 507, 508, 523, 524, 671)がすくなくとも3個以上で直列接続されていることを特徴とする請求項24または25のいずれかに記載の電界通信トランシーバ。
- [27] 送信すべき情報に基づく電界を電界伝達媒体(401)に誘起し、前記電界を用いて情報の送信を行う一方で、前記電界伝達媒体(401)に誘起された受信すべき情報に基づく電界を介して情報の受信を行う電界通信トランシーバ(403)において、  
第1の周波数を有する交流信号を出力するための交流信号出力手段(414)と、  
前記送信すべき情報に基づく電界を誘起して前記情報を送信し、前記受信すべき情報に基づく電界を検出して前記情報を受信するための送受信電極(418)と、  
前記送受信電極(418)と大地グランド(404)間の浮遊容量と、および前記送受信電極(418)と近接した前記電界伝達媒体(401)が大地グランド(404)との間に持つインピーダンスと、が共振するために、前記交流信号出力手段(414)の出力と前記送受信電極(418)との間に設けられた第1のリアクタンス手段(408, 420)と、  
前記送受信電極(418)と大地グランド(404)間の浮遊容量と、および送受信電極(418)と近接した前記電界伝達媒体(401)が大地グランド(404)との間に持つインピーダンスと、が共振するために、前記交流信号出力手段(414)の出力と大地グランド(404)の間または前記送受信電極(418)と大地グランド(404)の間に設けられた第2のリアクタンス手段(409, 421)と、  
前記第1の周波数とは異なる第2の周波数を有する交流信号の電界を検出して電気信号に変換し復調するための受信手段(424)と、  
前記第1の周波数を有する交流信号を通過させ前記第2の周波数を有する交流信号を遮断するための第1のフィルタ手段(425)と、  
前記第2の周波数を有する交流信号を通過させ前記第1の周波数を有する交流信号を遮断するための第2のフィルタ手段(426)と、

を備えたことを特徴とする電界通信トランシーバ。

- [28] 前記第1のリアクタンス手段(408, 420)と前記第2のリアクタンス手段(409, 421)のうちのいずれか一方がリアクタンス値が可変である可変リアクタンス手段であって、  
前記電界伝達媒体(401)に印加される前記送信の電圧が最大になるように前記可変リアクタンス手段のリアクタンス値を制御するリアクタンス制御手段(422)

を備えたことを特徴とする請求項27に記載の電界通信トランシーバ。

- [29] 前記第1のリアクタンス手段(408, 420)と前記第2のリアクタンス手段(409, 421)の両方のリアクタンス値を共に可変として、それぞれ第1の可変リアクタンス手段(408, 420)と第2の可変リアクタンス手段(409, 421)とし、

前記電界伝達媒体(401)に印加される前記送信の電圧が最大になるように前記第1の可変リアクタンス手段(408, 420)および前記第2の可変リアクタンス手段(409, 421)のそれぞれのリアクタンス値を制御するためのリアクタンス制御手段(422)

を備えたことを特徴とする請求項27に記載の電界通信トランシーバ。

- [30] 前記リアクタンス制御手段(422)は、

前記第1の可変リアクタンス手段(408, 420)および前記第2の可変リアクタンス手段(409, 421)のそれぞれのリアクタンス値毎に前記電界伝達媒体(401)に印加される送信電圧の振幅を記憶し、前記振幅の最大値を抽出した後に前記第1の可変リアクタンス手段(408, 420)および前記第2の可変リアクタンス手段(409, 421)のそれぞれのリアクタンス値を設定するための演算制御記憶部(435)と、

送信電圧の振幅を検出する振幅検出手段(437)と、

を備えることを特徴とする請求項28または29のいずれかに記載の電界通信トランシーバ。

- [31] 前記リアクタンス制御手段(422)は、

前記第1の可変リアクタンス手段(408, 420)および前記第2の可変リアクタンス手段(409, 421)のそれぞれのリアクタンス値を調整するための調整用信号発生手段(440)と、

前記調整用信号発生手段(440)から出力される調整用信号を用いて送信電圧の振幅を検出するための振幅検出手段(437)と、



前記振幅検出手段(437)で検出した振幅に基づいて前記第1の可変リアクタンス手段(408, 420)のリアクタンス値を制御する信号を出力するための第1の制御信号発生手段(442)と、

前記振幅検出手段(437)で検出した振幅に基づいて前記第2の可変リアクタンス手段(409, 421)のリアクタンス値を制御する信号を出力するための第2の制御信号発生手段(443)と、

前記第1の可変リアクタンス手段(408, 420)のリアクタンス値を制御している際には少なくとも前記振幅検出手段(437)と前記第1の制御信号発生手段(442)を接続し、前記第2の可変リアクタンス手段(409, 421)のリアクタンス値を制御している際には少なくとも前記振幅検出手段(437)と前記第2の制御信号発生手段(443)を接続するための第3の接続手段(441)と、

を備えることを特徴とする請求項28または29のいずれかに記載の電界通信トランシーバ。

- [32] 前記第1のリアクタンス手段(408, 420)または前記第2のリアクタンス手段(409, 421)のいずれか一方に、

インダクタ(447)と、印加した電圧に応じて静電容量が変化する可変容量ダイオード(448)と、を備えて前記浮遊容量と共振するための共振回路と、

前記共振回路に入力された送信信号を前記可変容量ダイオード(448)で整流して得られた直流電流に応じて電位差を生じ、この電位差を前記可変容量ダイオード(448)のアノードとカソード間に印加する抵抗器(449)と、

を有する自己調整可変リアクタンス手段(445)を用い、

前記リアクタンス制御手段(422)が前記電界伝達媒体(401)に印加される前記送信の電圧が最大になるように前記自己調整可変リアクタンス手段(445)でない方の可変リアクタンス手段(452)のリアクタンス値を制御する

ことを特徴とする請求項27に記載の電界通信トランシーバ。

- [33] 前記第1のリアクタンス手段(408, 420)または前記第2のリアクタンス手段(409, 421)の双方に、

インダクタ(447)と印加した電圧に応じて静電容量が変化する可変容量ダイオード

(448)とを備えて前記浮遊容量と共振するための共振回路と、

前記共振回路に入力された送信信号を前記可変容量ダイオード(448)で整流して得られた直流電流に応じて電位差を生じ、この電位差を前記可変容量ダイオード(448)のアノードとカソード間に印加する抵抗器(449)と、

を有する自己調整可変リアクタンス手段(445)を用い、

前記リアクタンス制御手段(422)が前記電界伝達媒体(401)に印加される前記送信の電圧が最大になるように前記自己調整可変リアクタンス手段(445)でない方の可変リアクタンス手段(452)のリアクタンス値を制御する

ことを特徴とする請求項29から31のいずれかに記載の電界通信トランシーバ。

[34] 前記請求項27から32のいずれかに記載の電界通信トランシーバ(403)に第2の電界通信トランシーバ(402)が組合されてなる電界通信システム(400)であって、

前記第2の電界通信トランシーバ(402)は、

送信すべき情報に基づく電界の誘起および受信すべき情報に基づく電界の受信を行うための送受信電極(416)と、

前記電界通信トランシーバ(403)から送信される前記第1の周波数の交流信号を整流して直流の電力を生成し蓄積および出力するための整流電力蓄積手段(430)と、

前記第1の周波数と異なる前記第2の周波数の交流信号で送信すべき情報を変調して変調信号を生成し送信するための送信手段(431)と、

送信すべき情報の蓄積と、前記送信手段への前記送信すべき情報の出力と、前記電界通信トランシーバの制御と、を行うための制御情報蓄積手段(432)と、

前記第1の周波数を有する交流信号を通過させ前記第2の周波数を有する交流信号を遮断するための第1のフィルタ手段(428)と、

前記第2の周波数を有する交流信号を通過させ前記第1の周波数を有する交流信号を遮断するための第2のフィルタ手段(429)と、

を備えることを特徴とする電界通信システム。

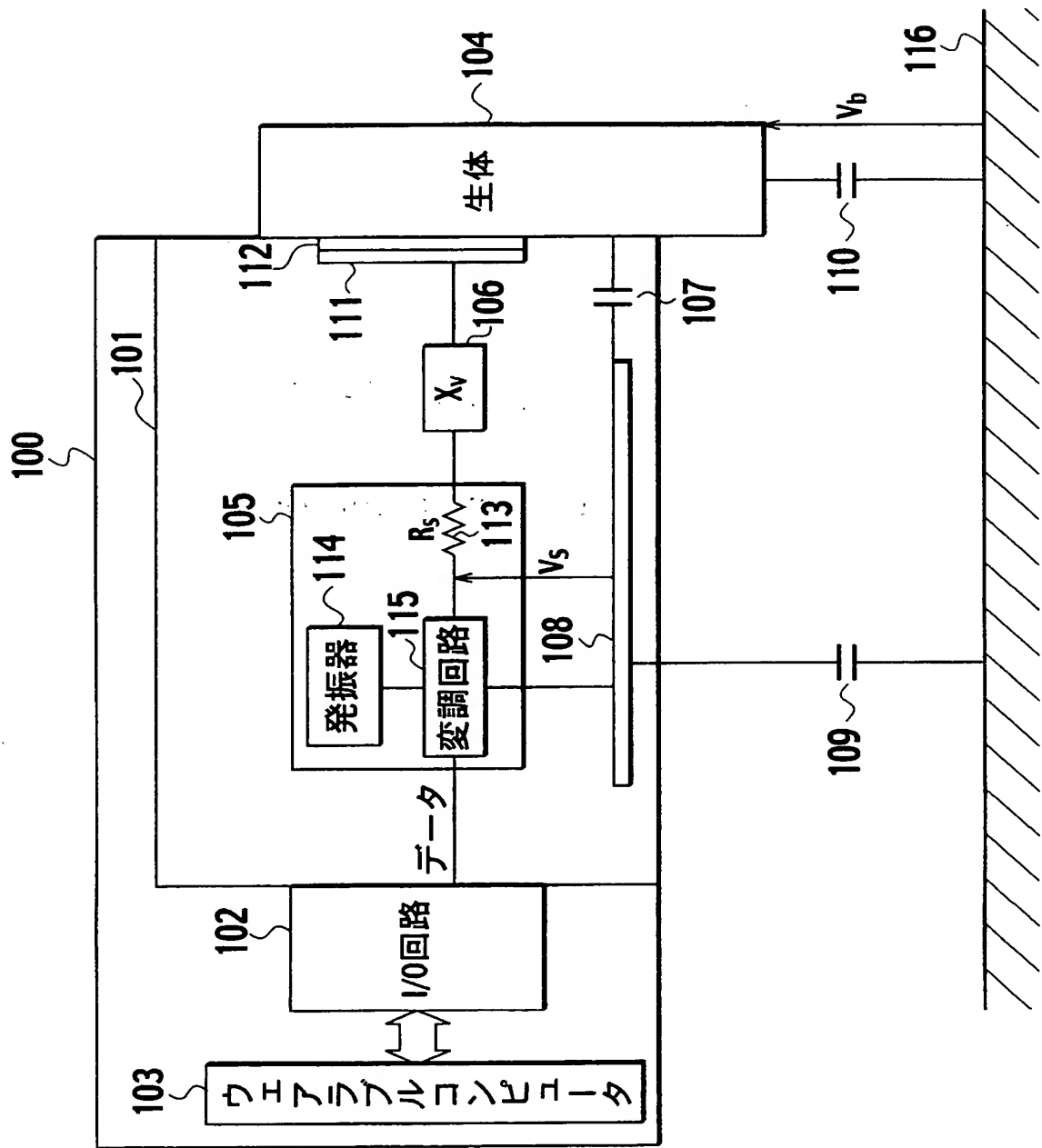
[35] 前記電界通信トランシーバ(403)の交流信号出力手段(423)は、

前記第1の周波数の交流信号で前記送信すべき情報を変調して変調信号を生成

し送信するための送信手段(434)によって構成され、  
前記第2の電界通信トランシーバ(402)は、  
前記受信すべき情報に基づき、前記第2の周波数を有する交流の電界を検出して  
電気信号に変換し、復調する受信手段(433)  
を備えることを特徴とする請求項34に記載の電界通信システム。

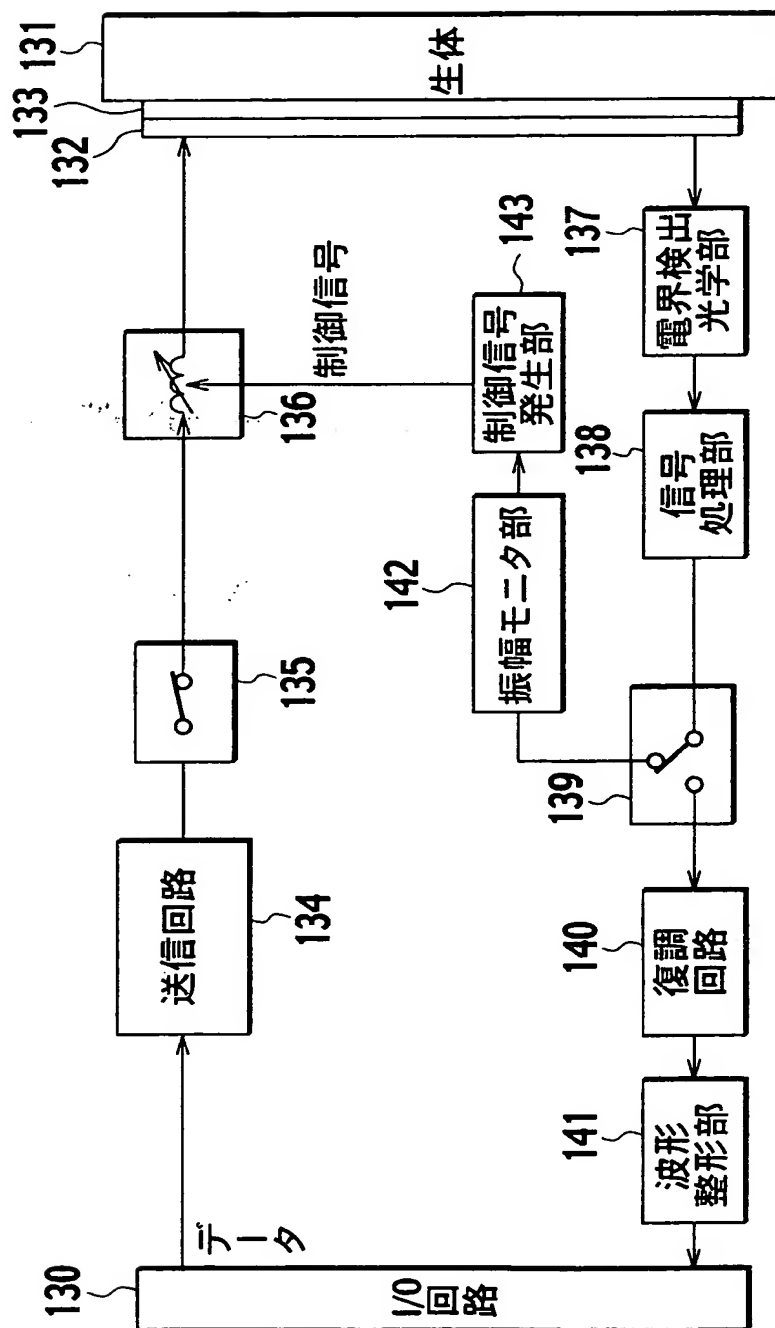
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

[図1]



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

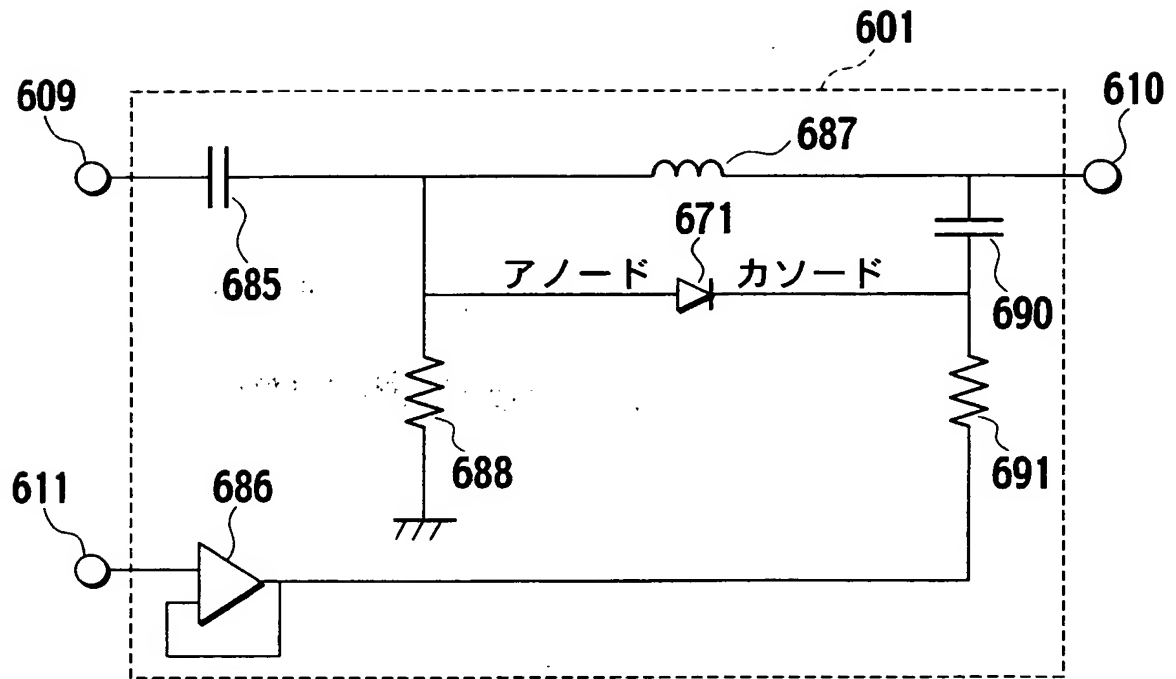
[図2]



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

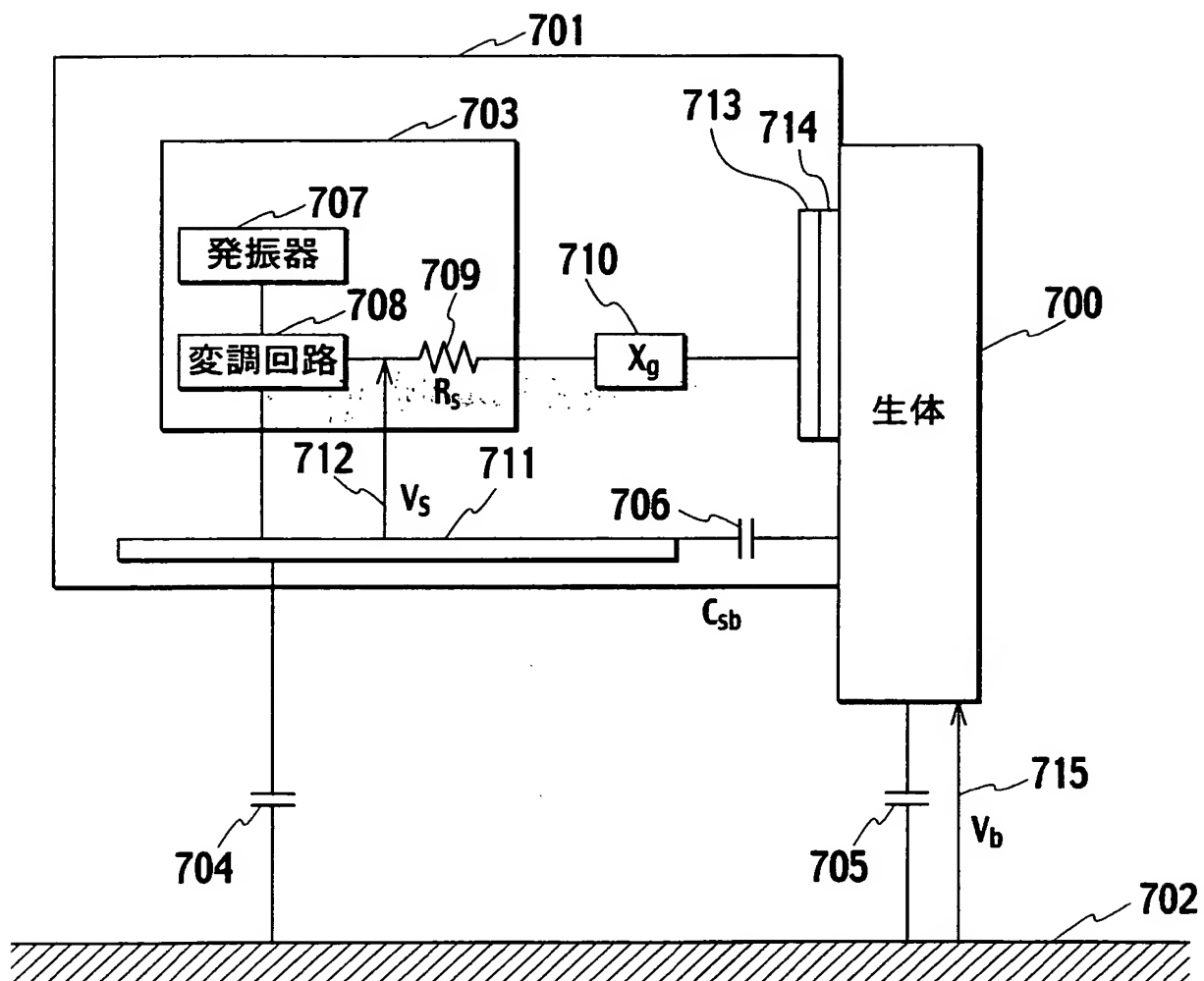


[図3]



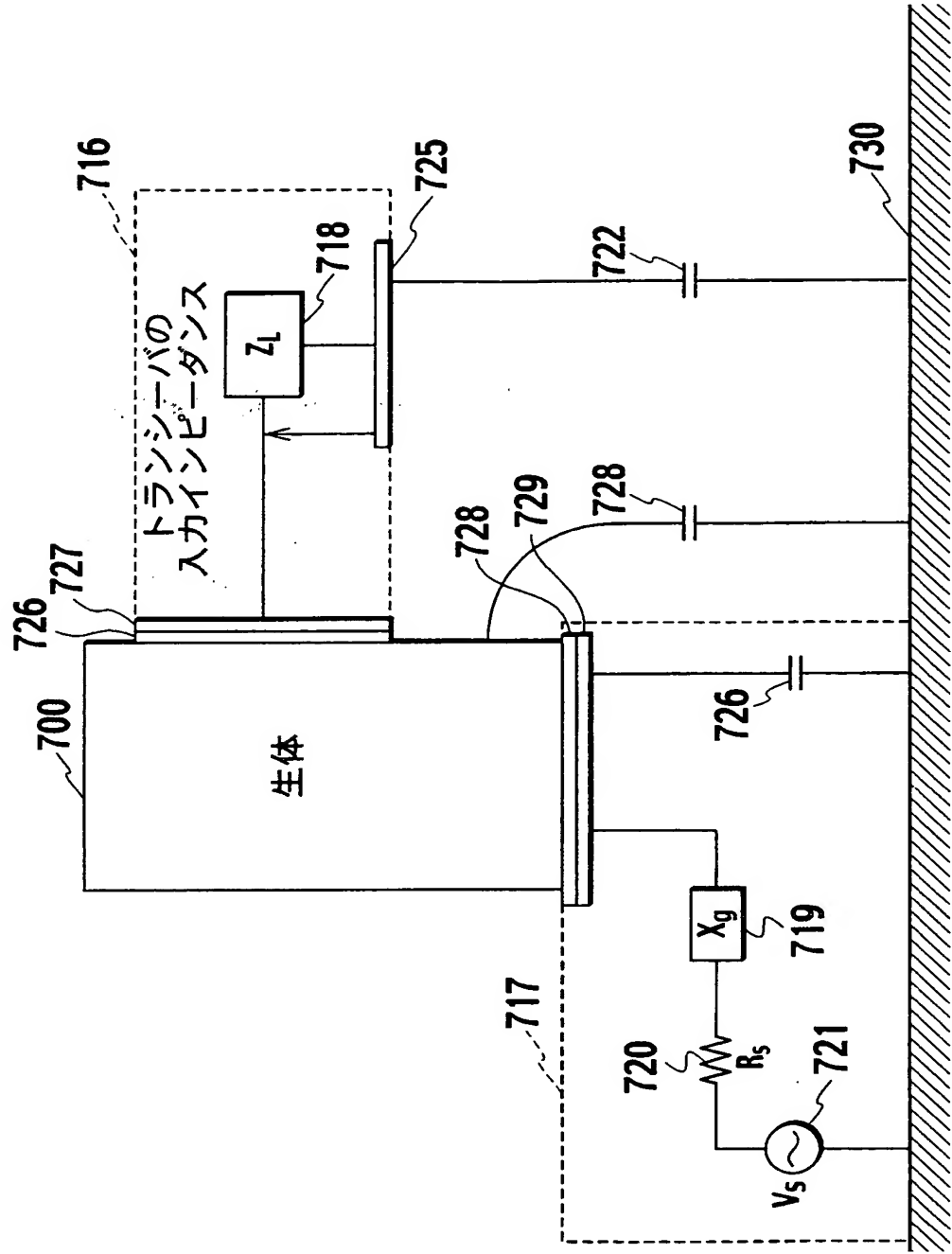
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

[図4]



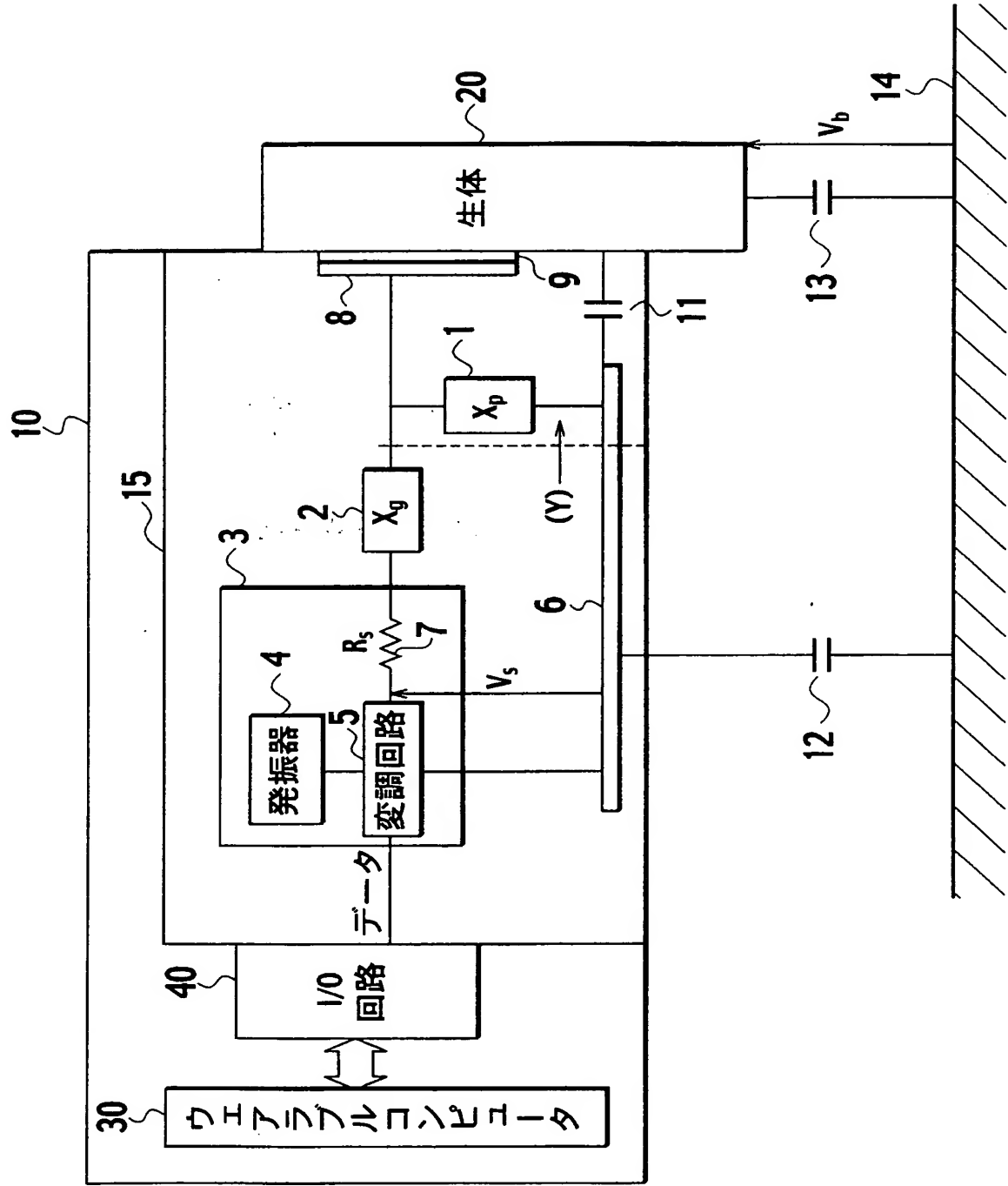
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

[図5]



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

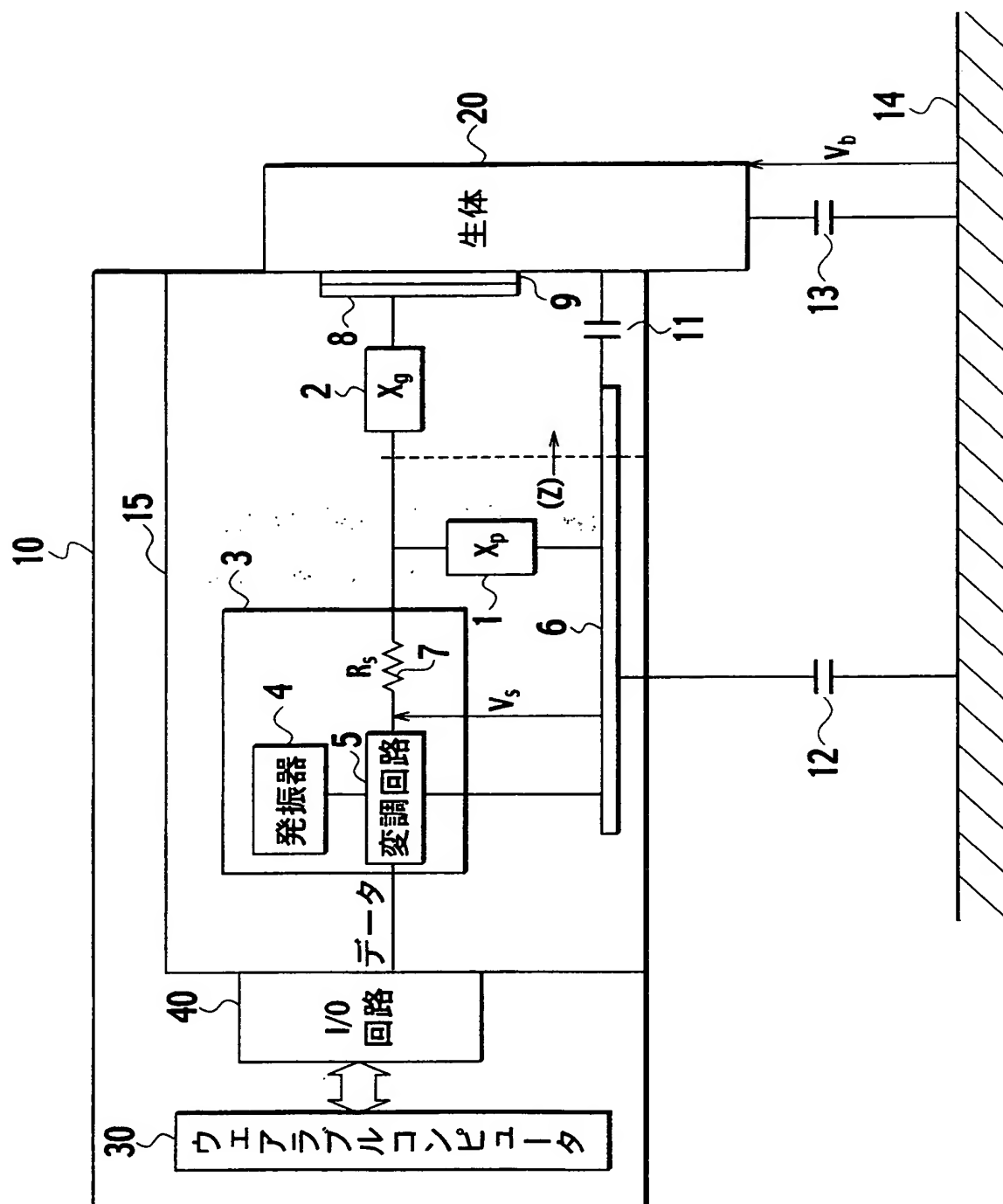
[図6]



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

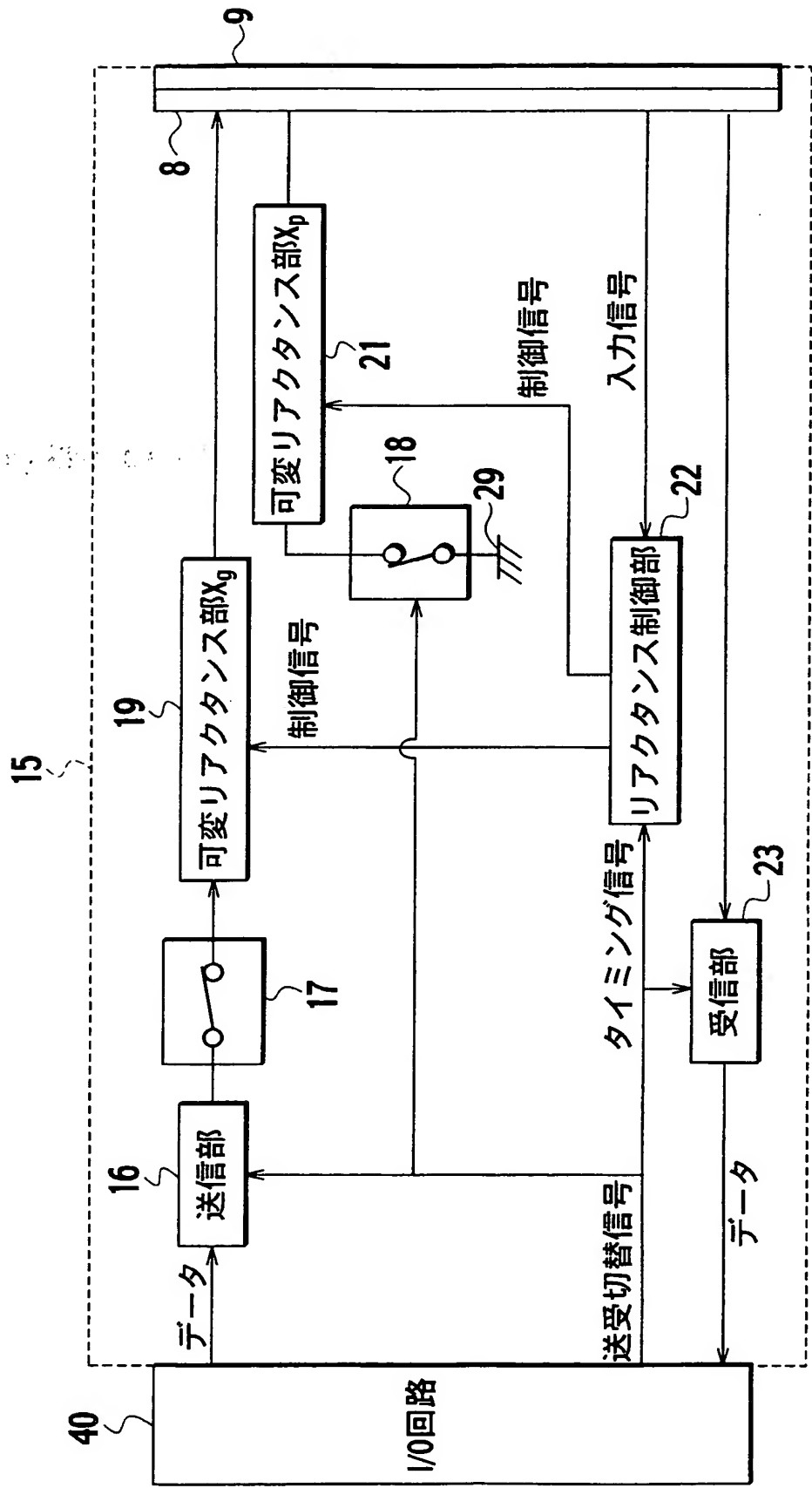


[図7]



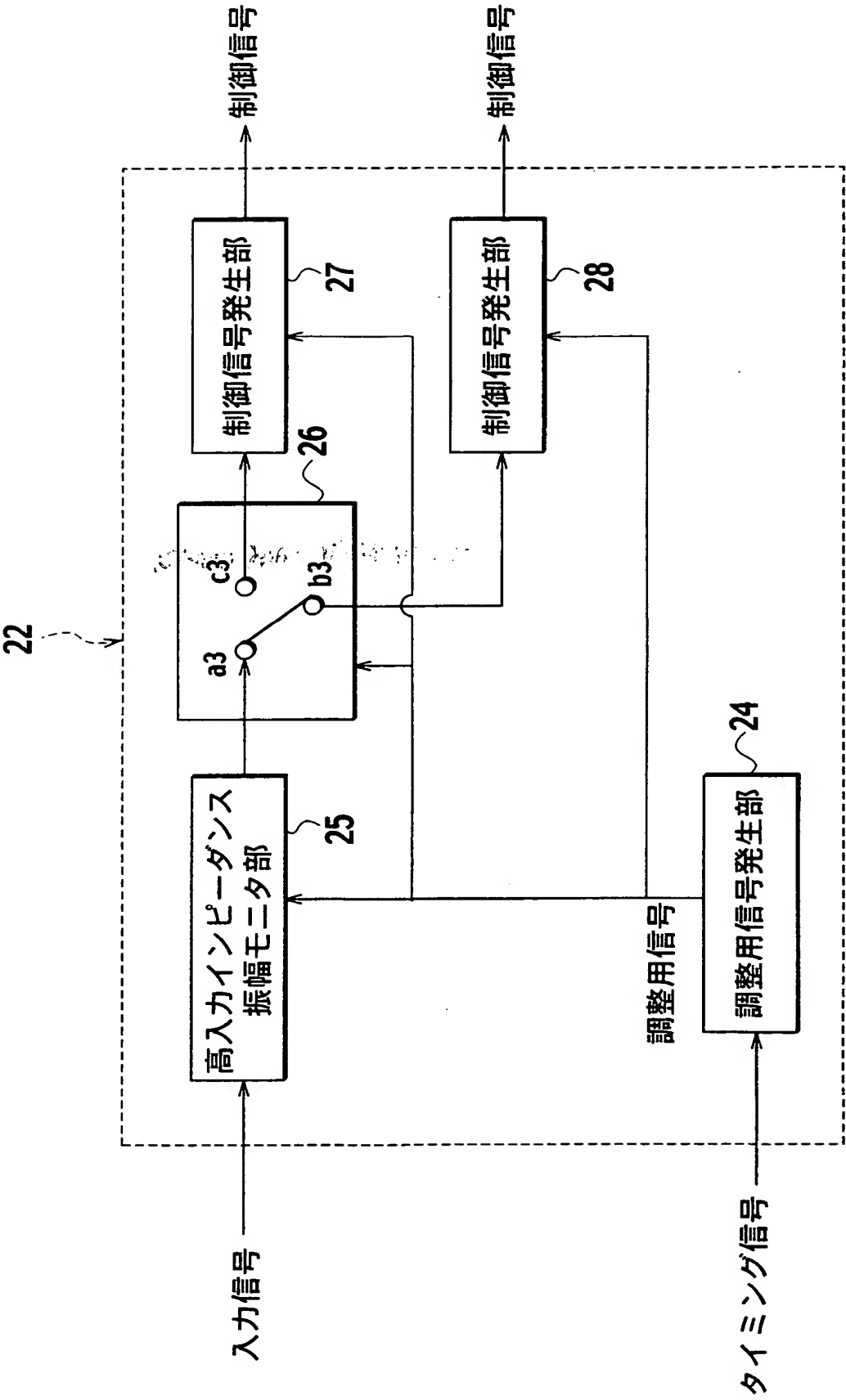
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

[図8]



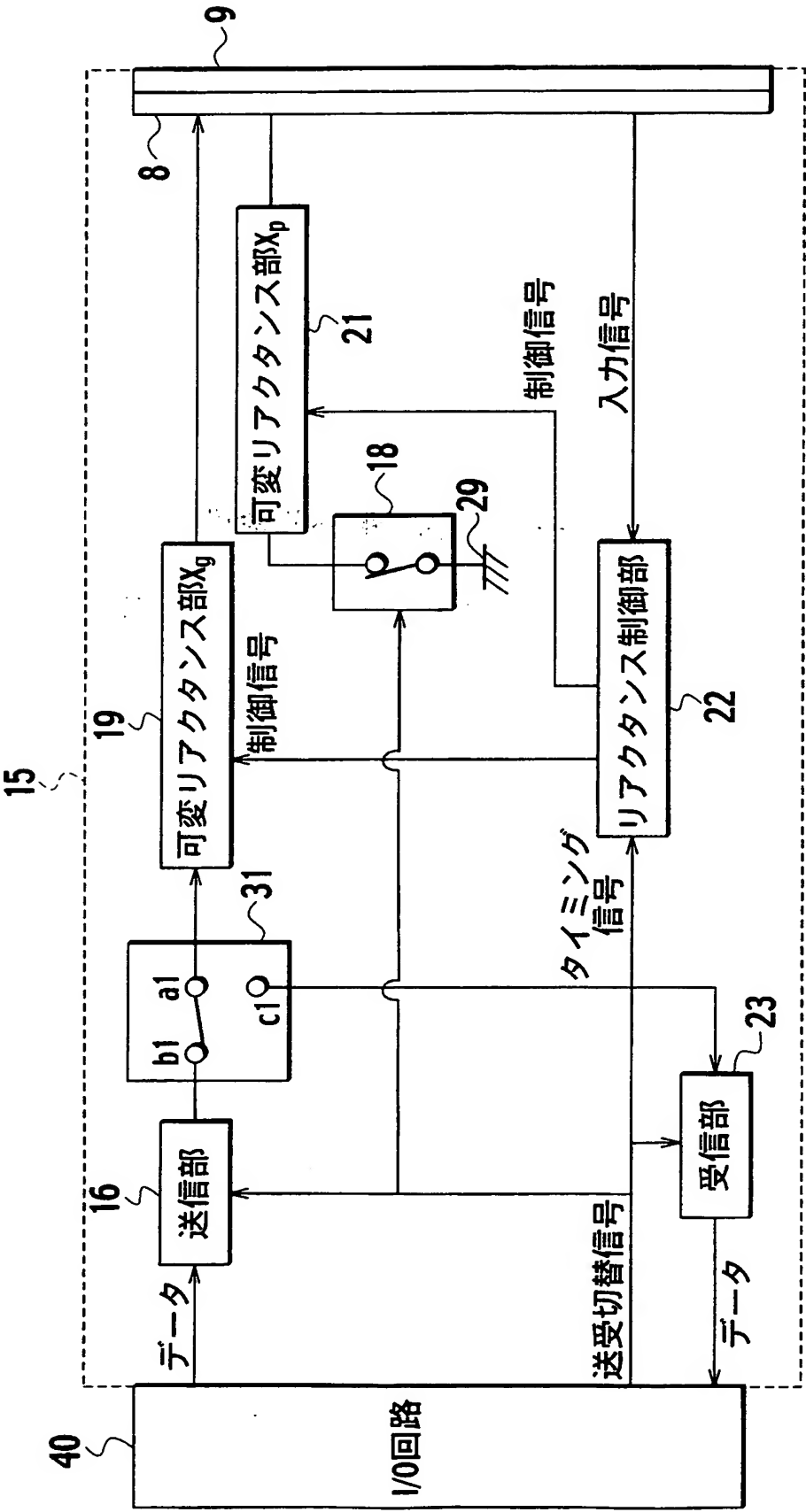
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

[図9]



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

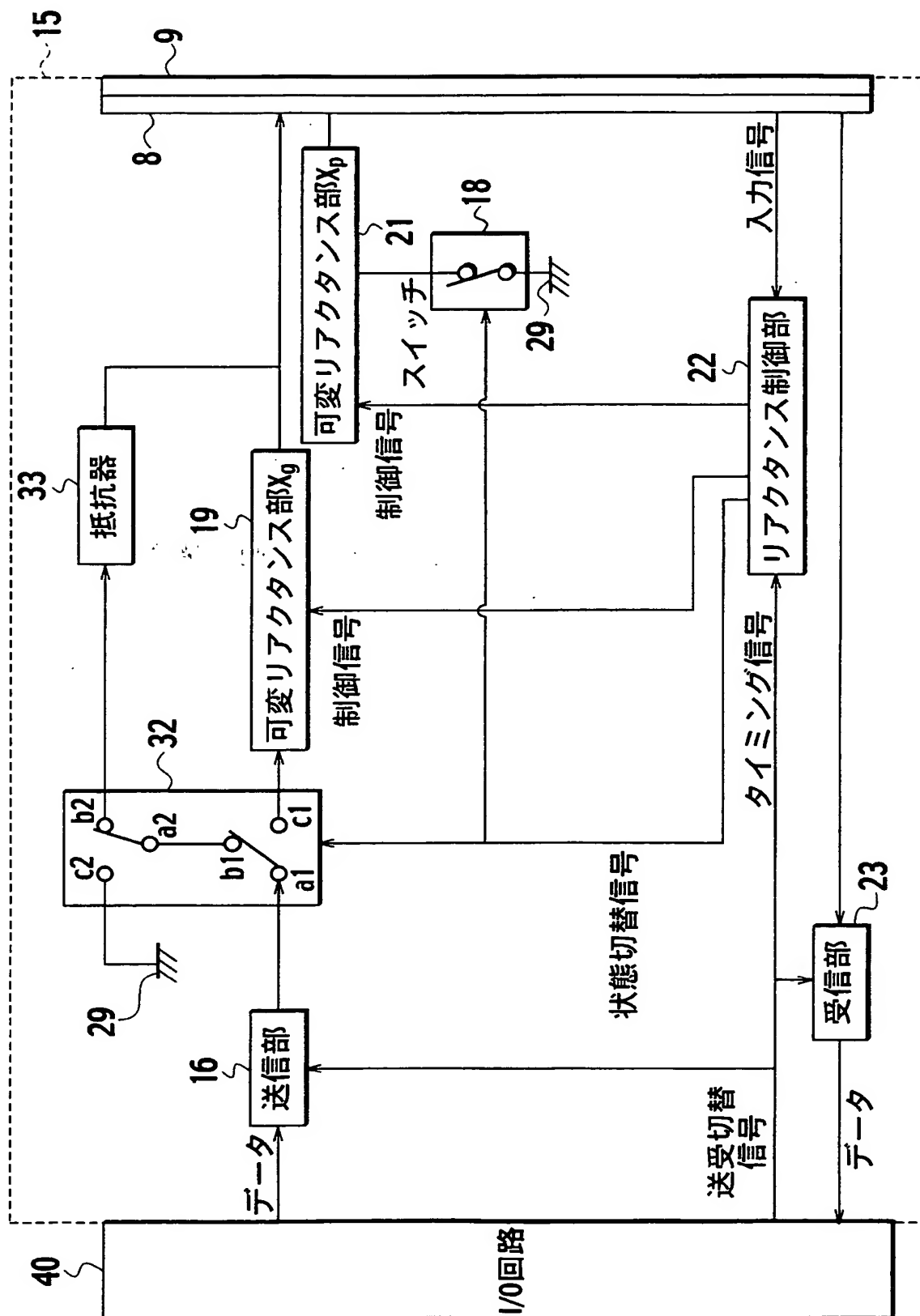
[図10]



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

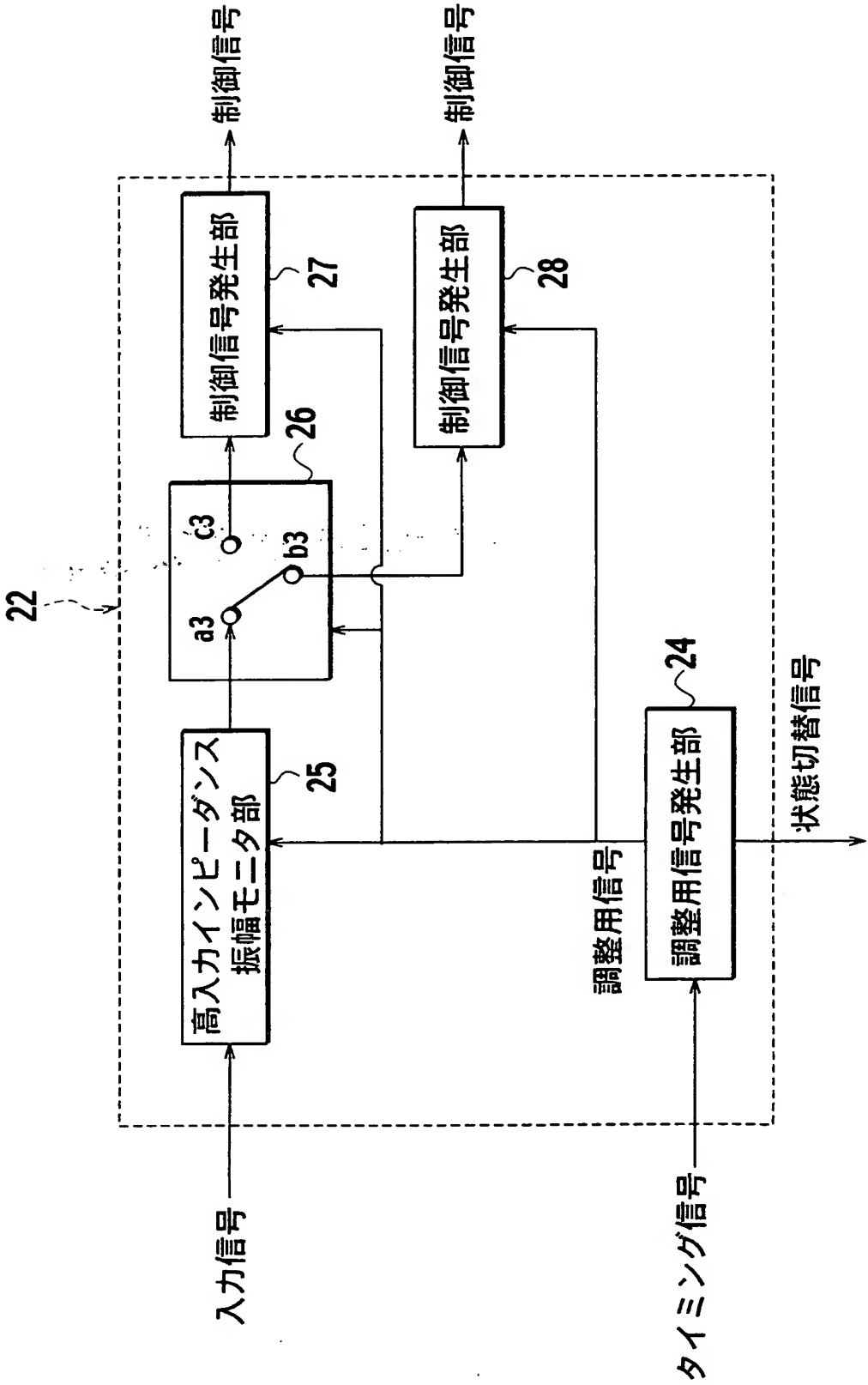


[図11]



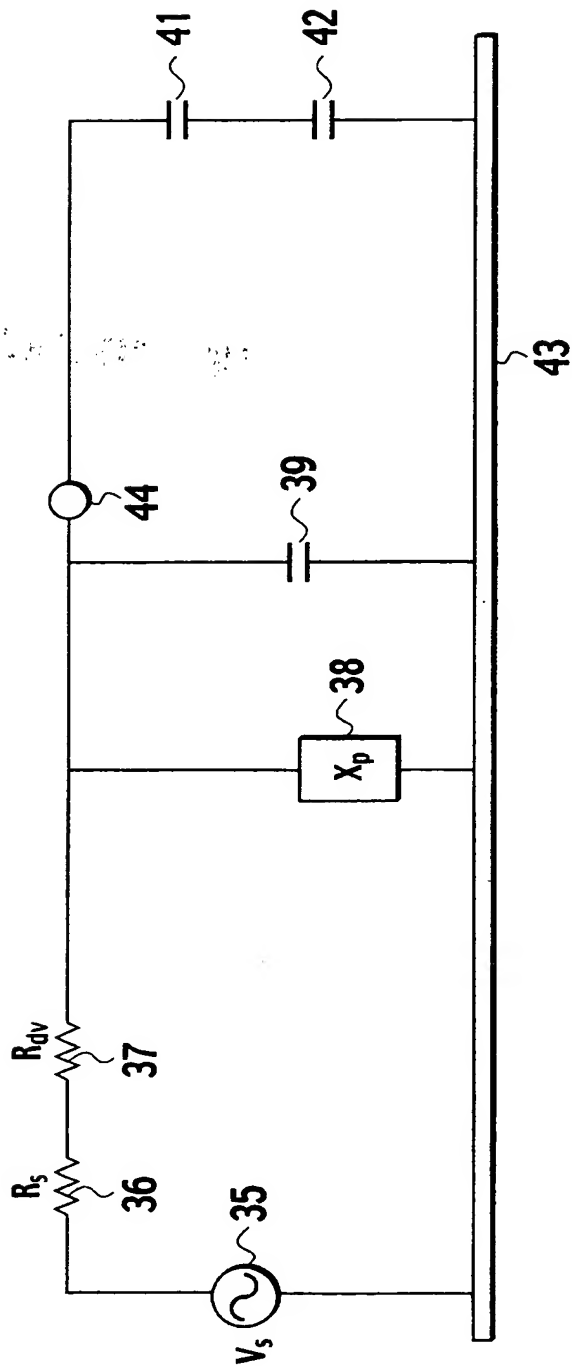
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

[図12]



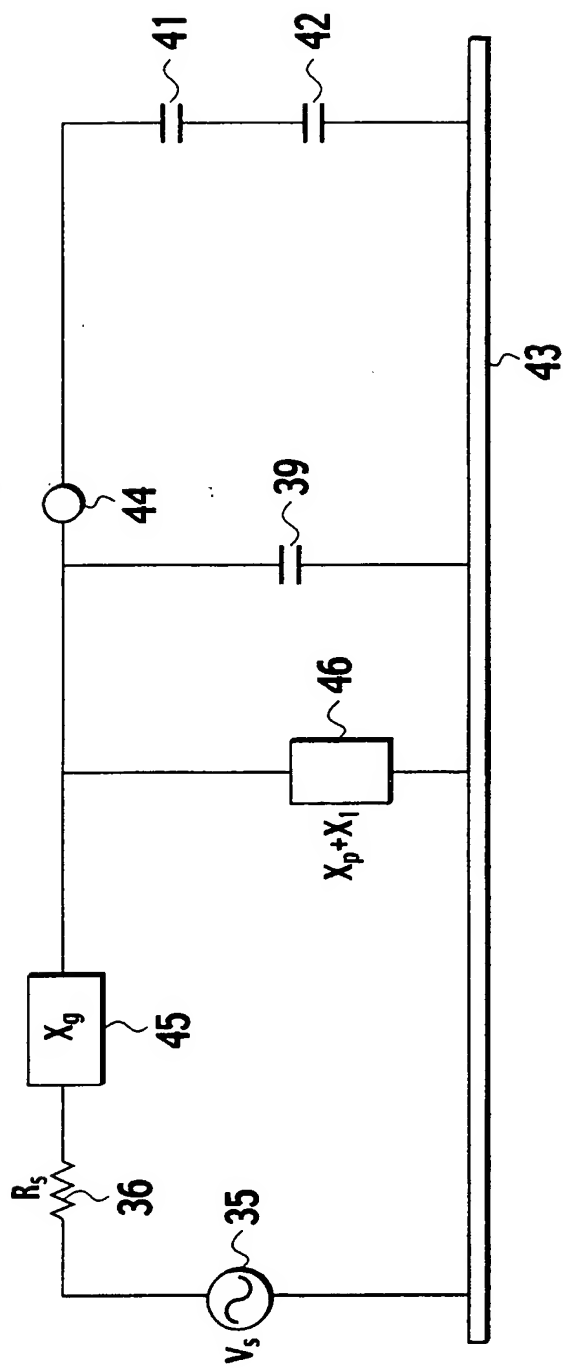
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

[図13]



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

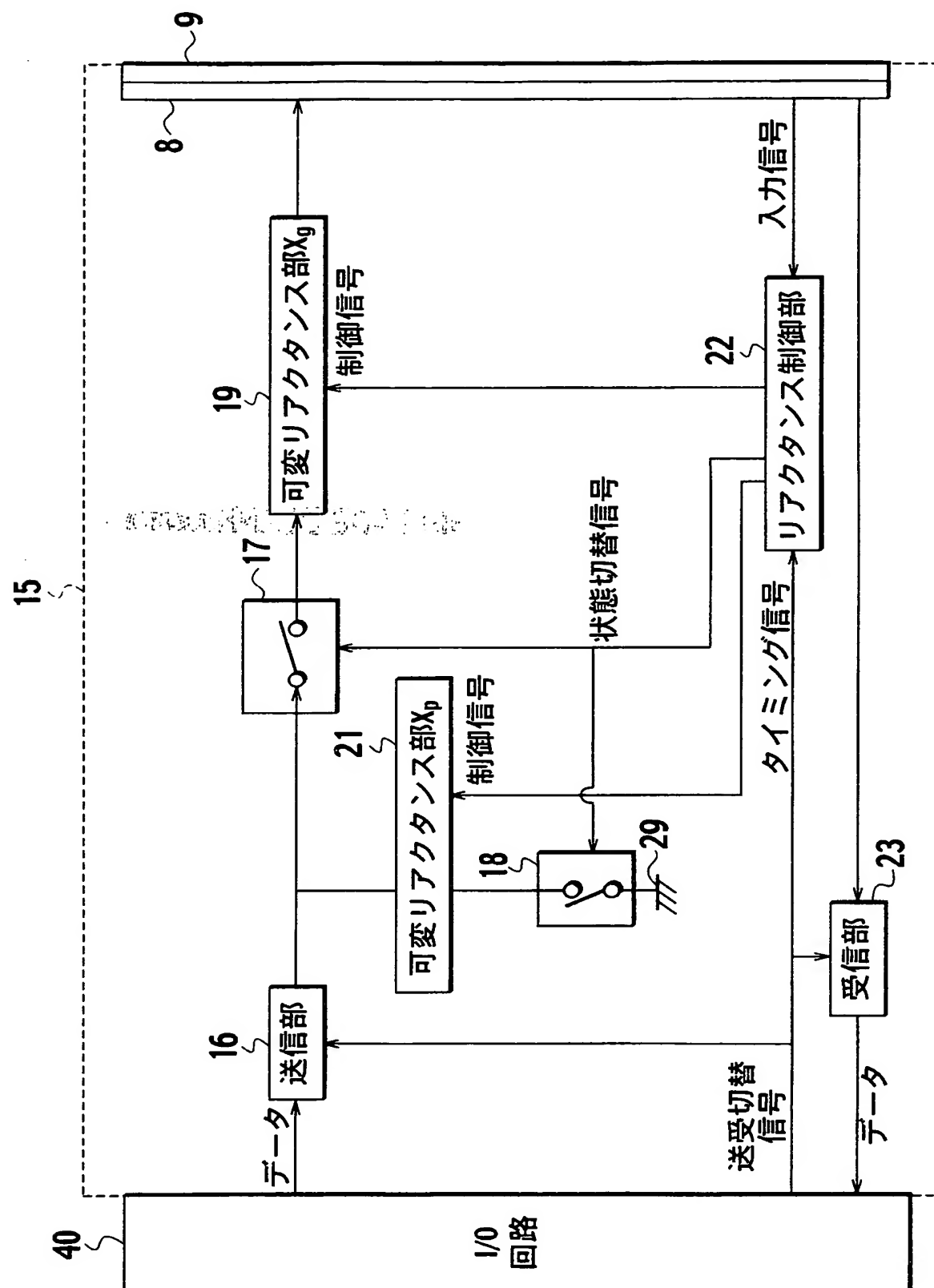
[図14]



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

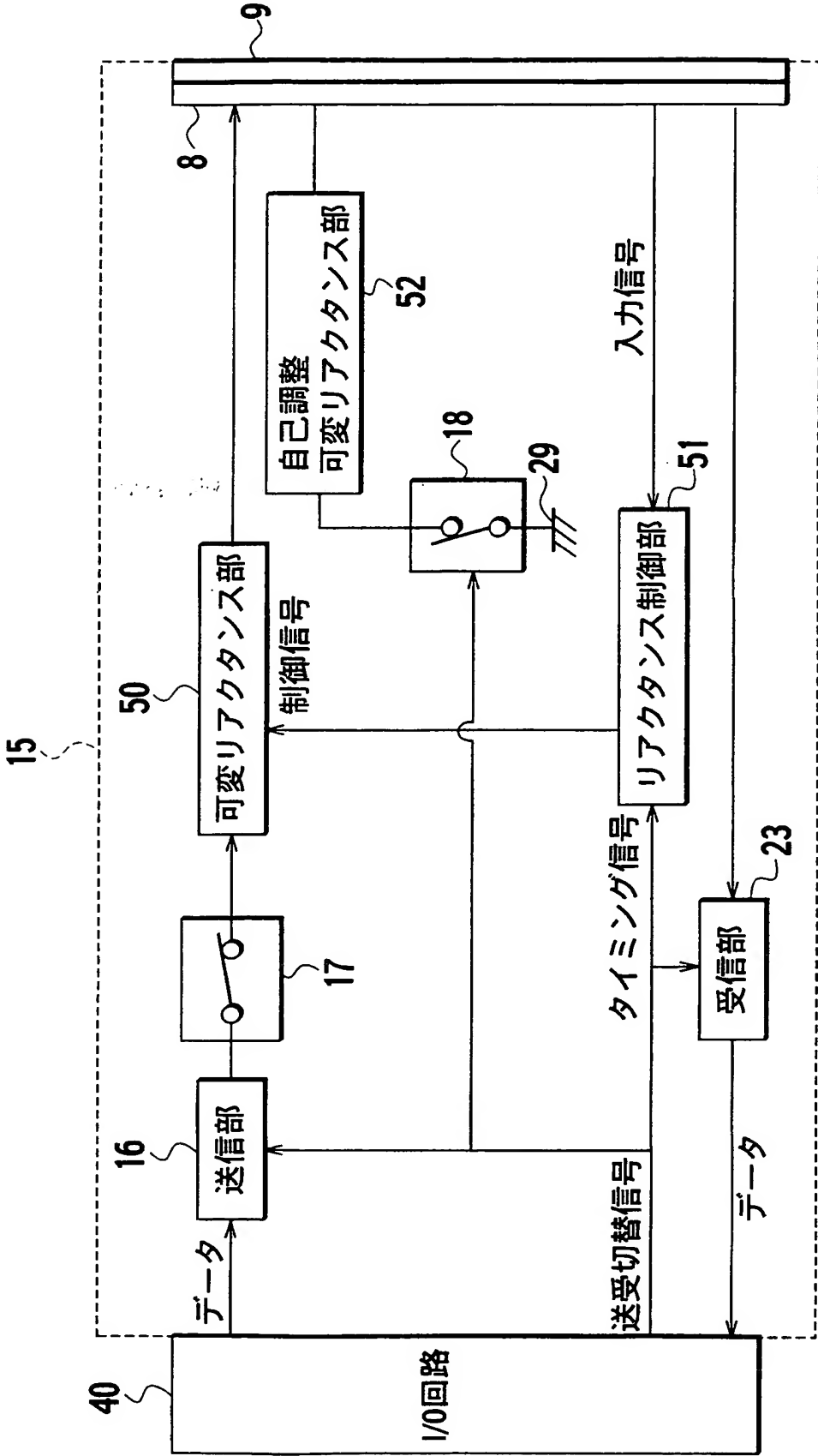


[図15]



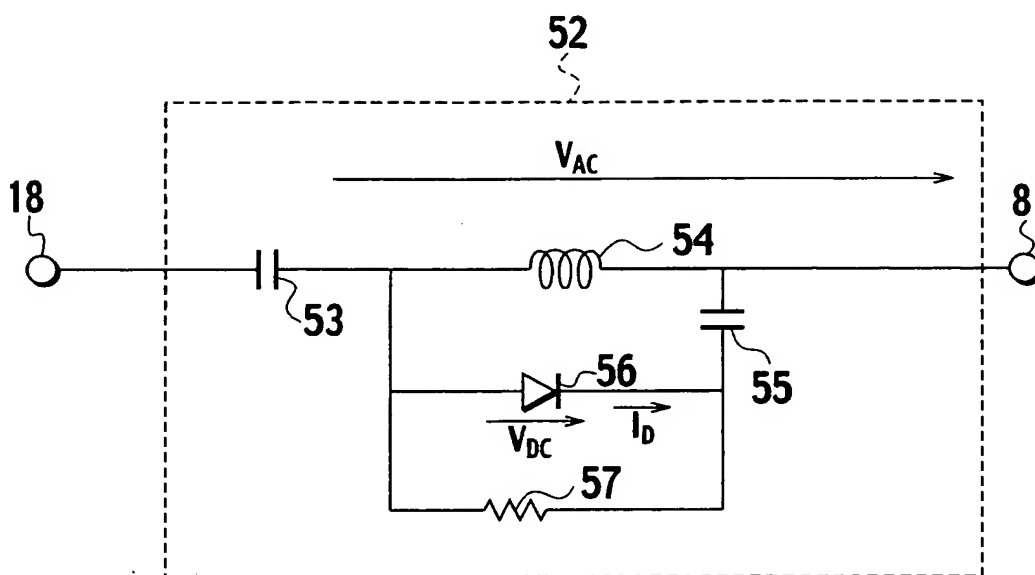
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

[図16]

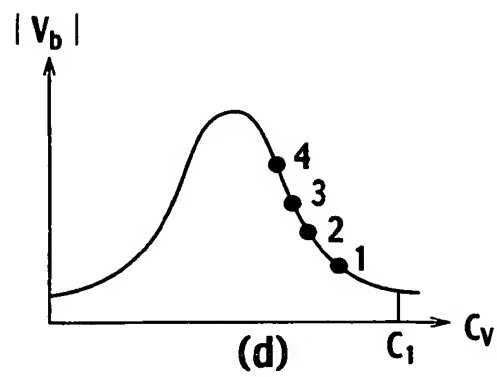
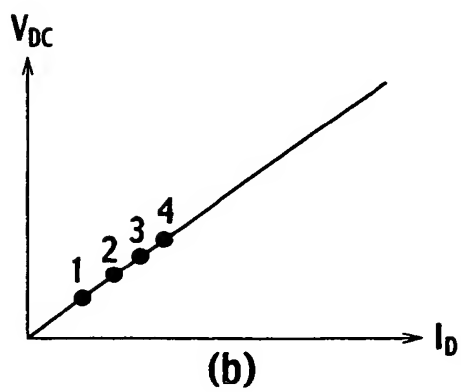
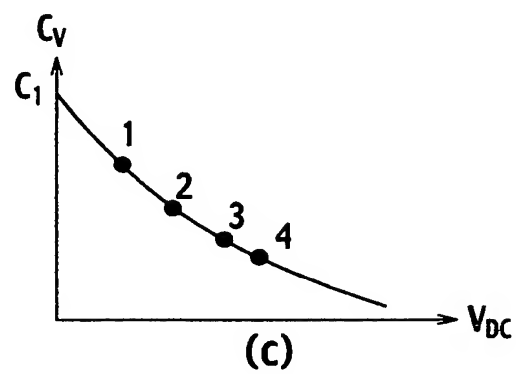
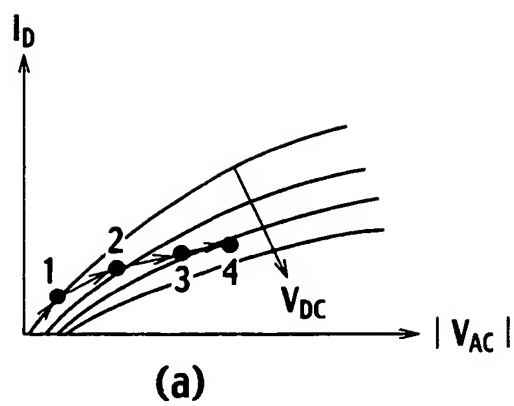


**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

[図17]

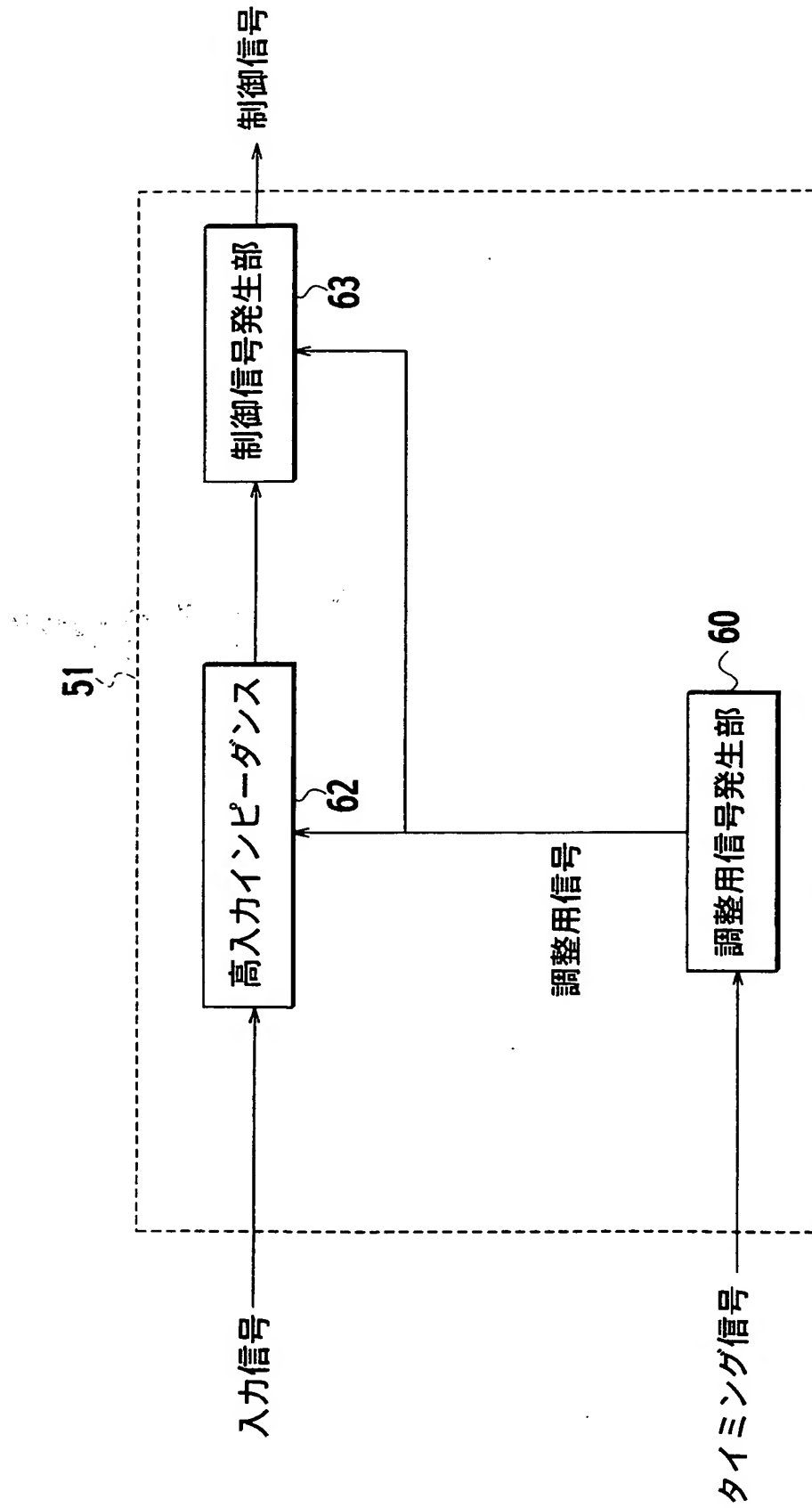


[図18]



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

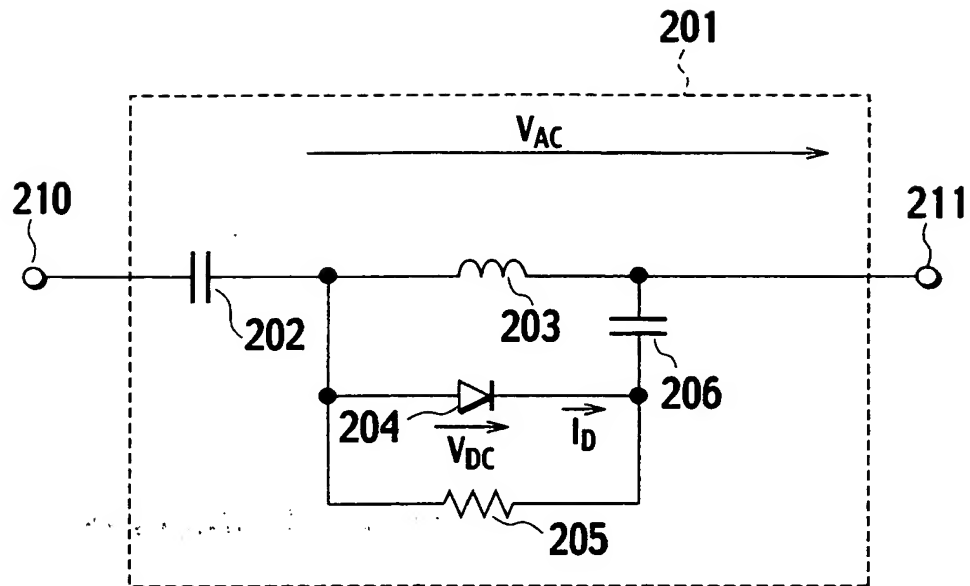
[図19]



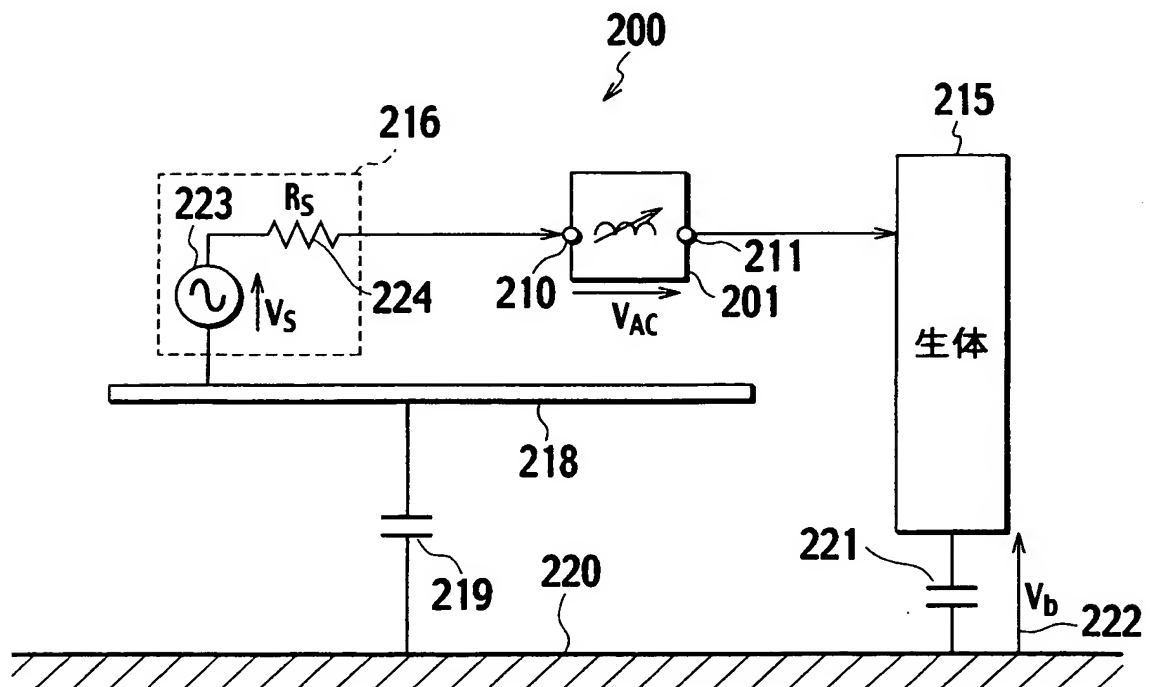
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



[図20]

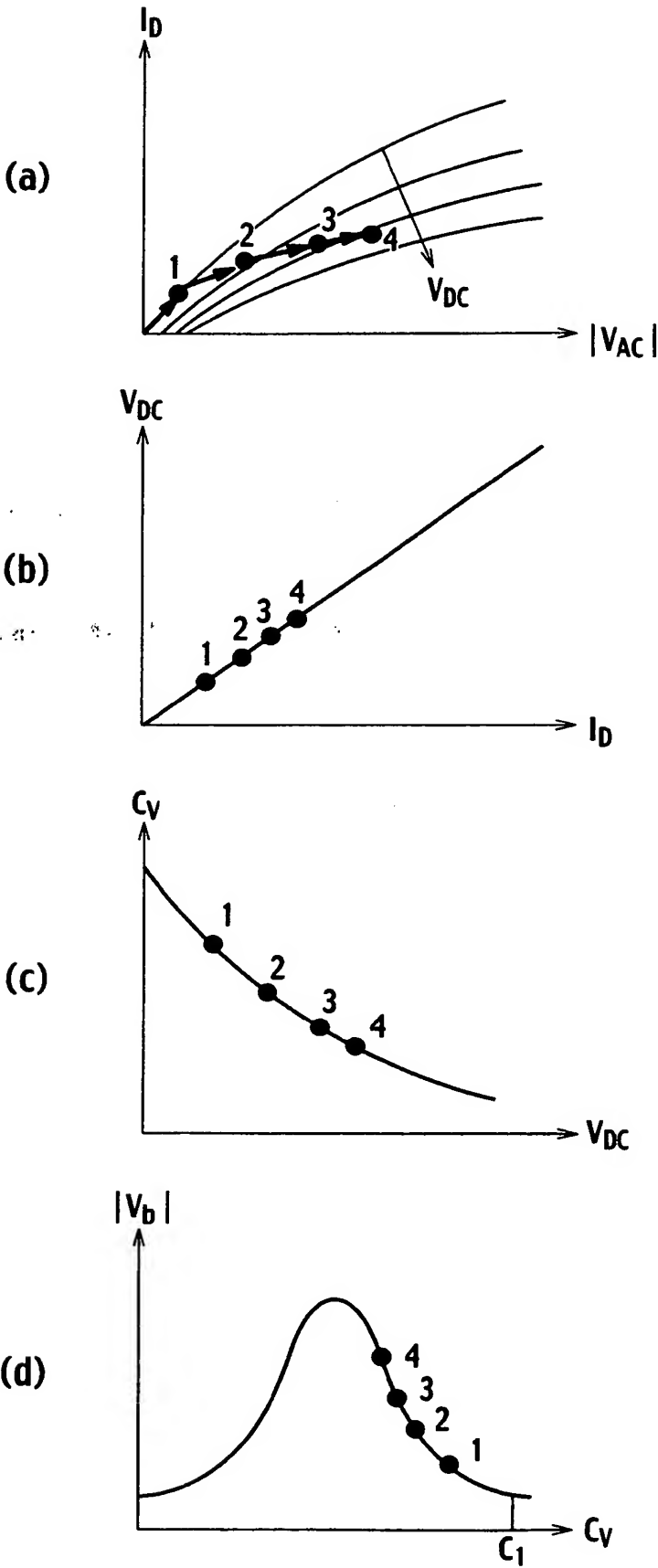


[図21]



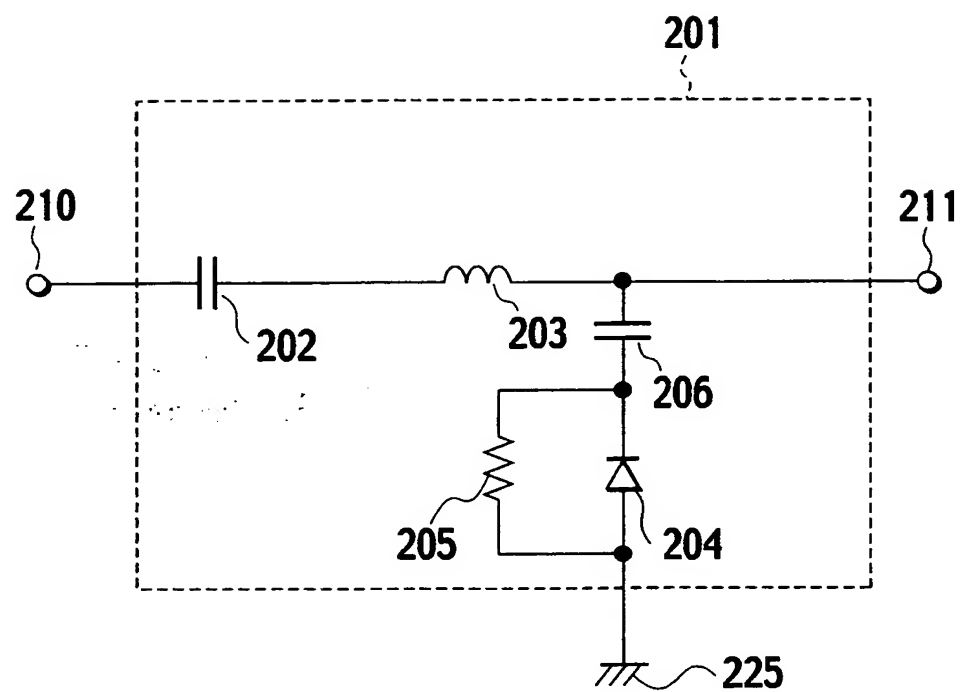
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

[図22]



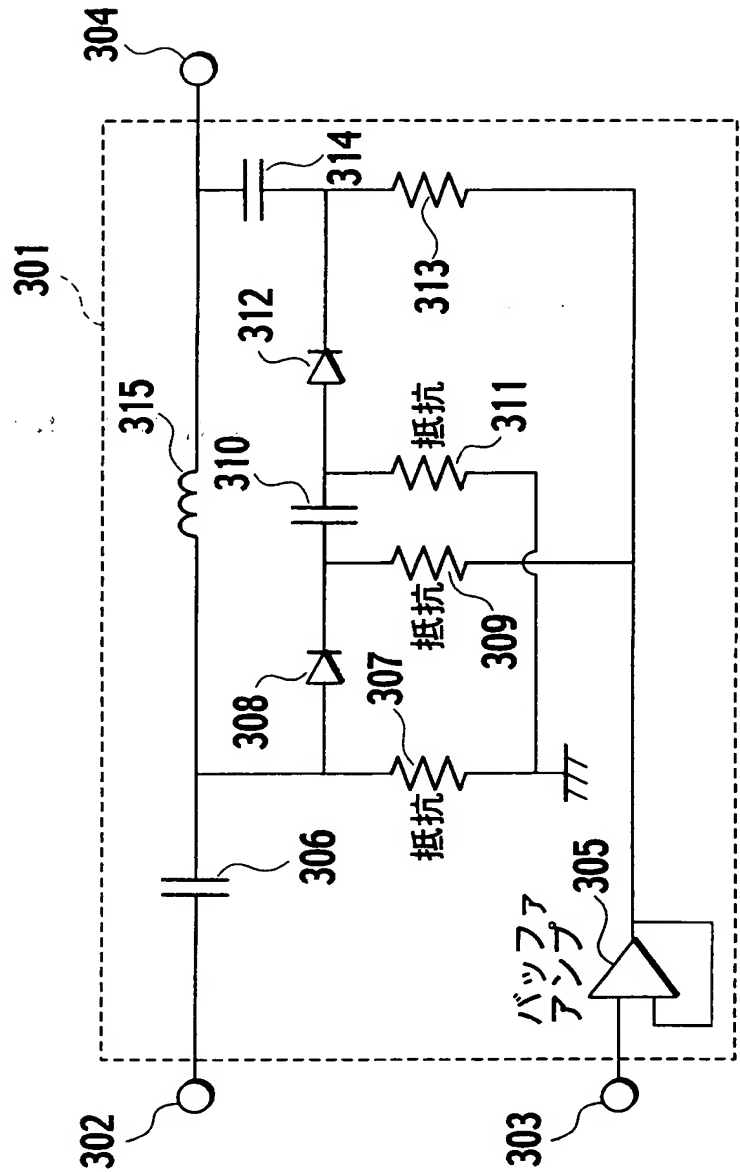
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

[図23]



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

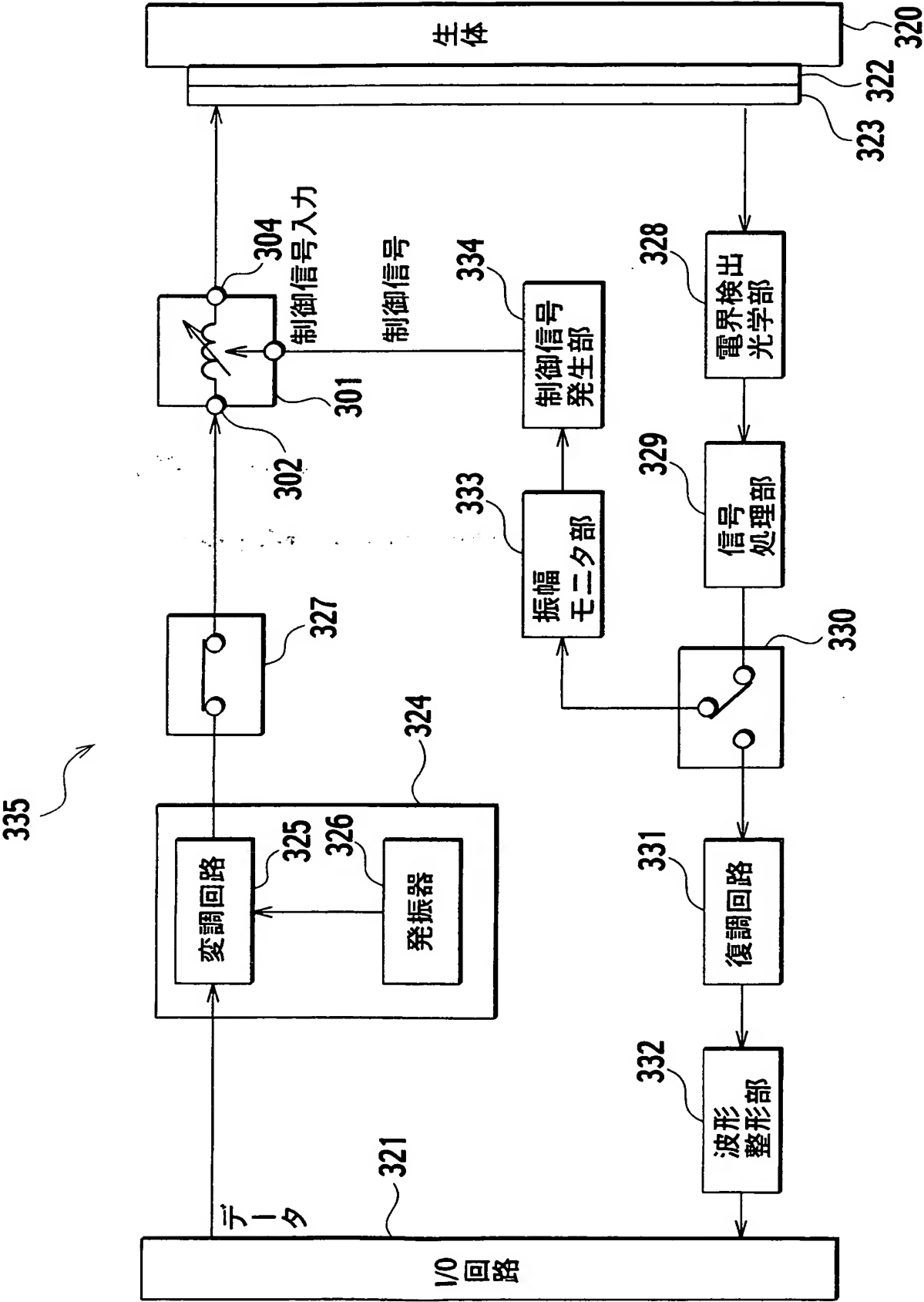
[図24]



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

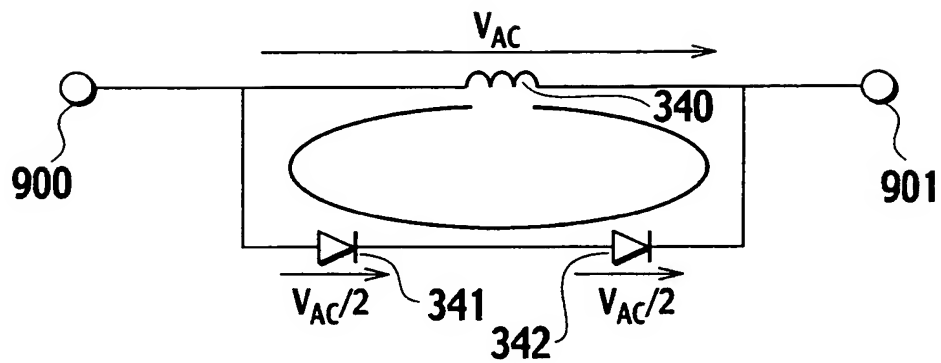


[図25]

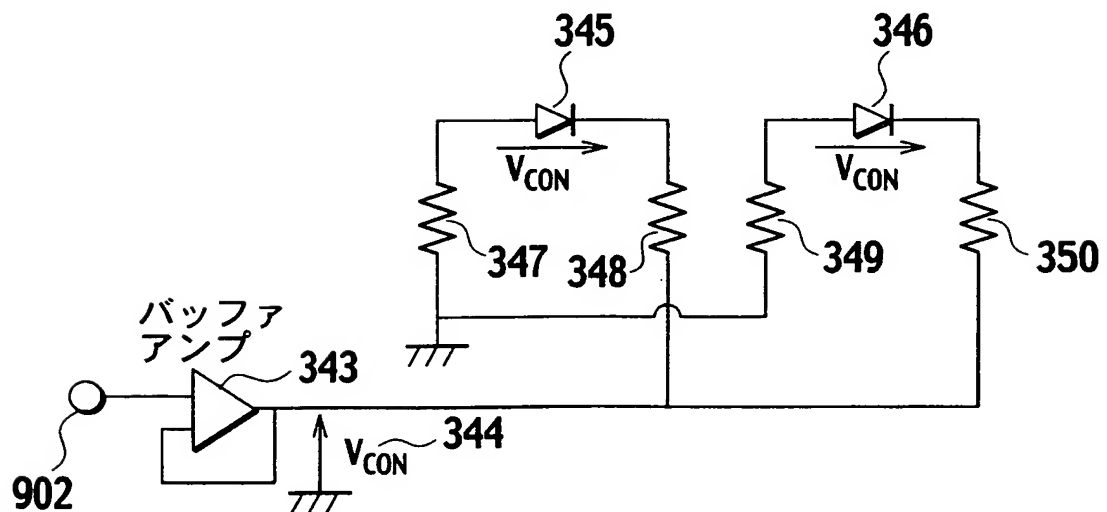


**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

[図26]

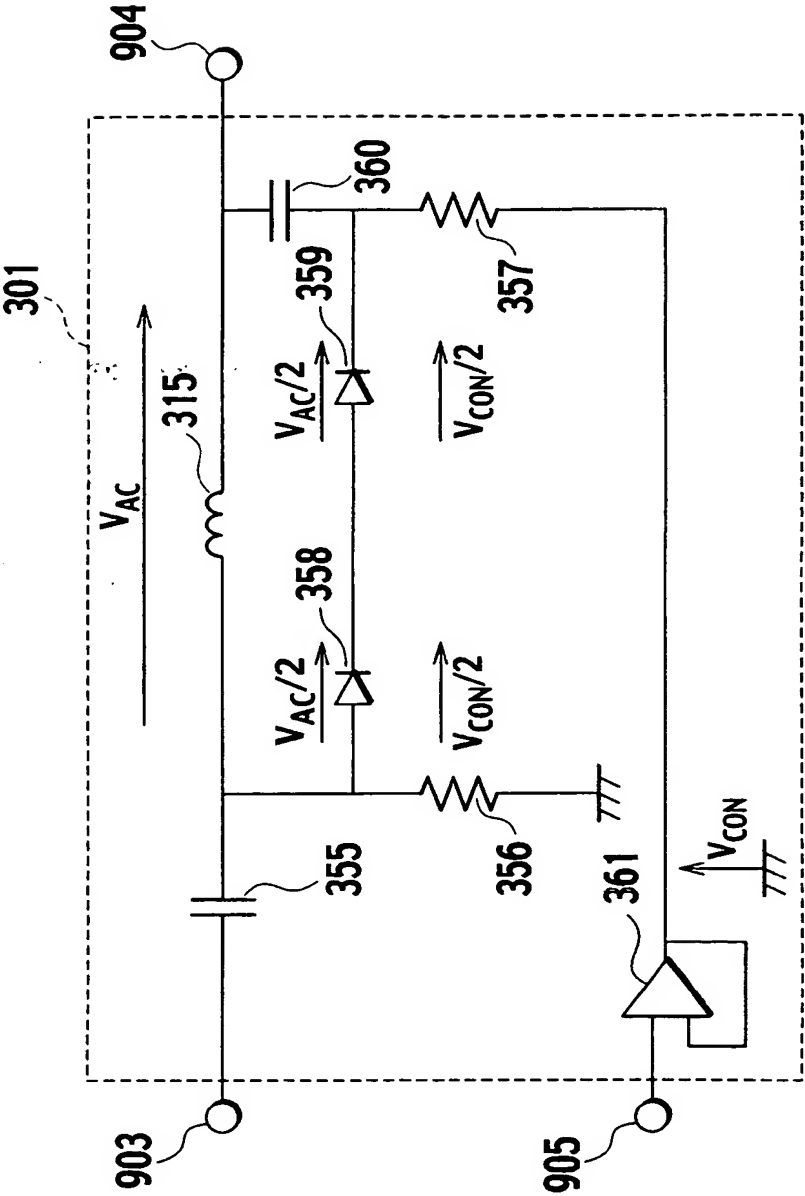


[図27]



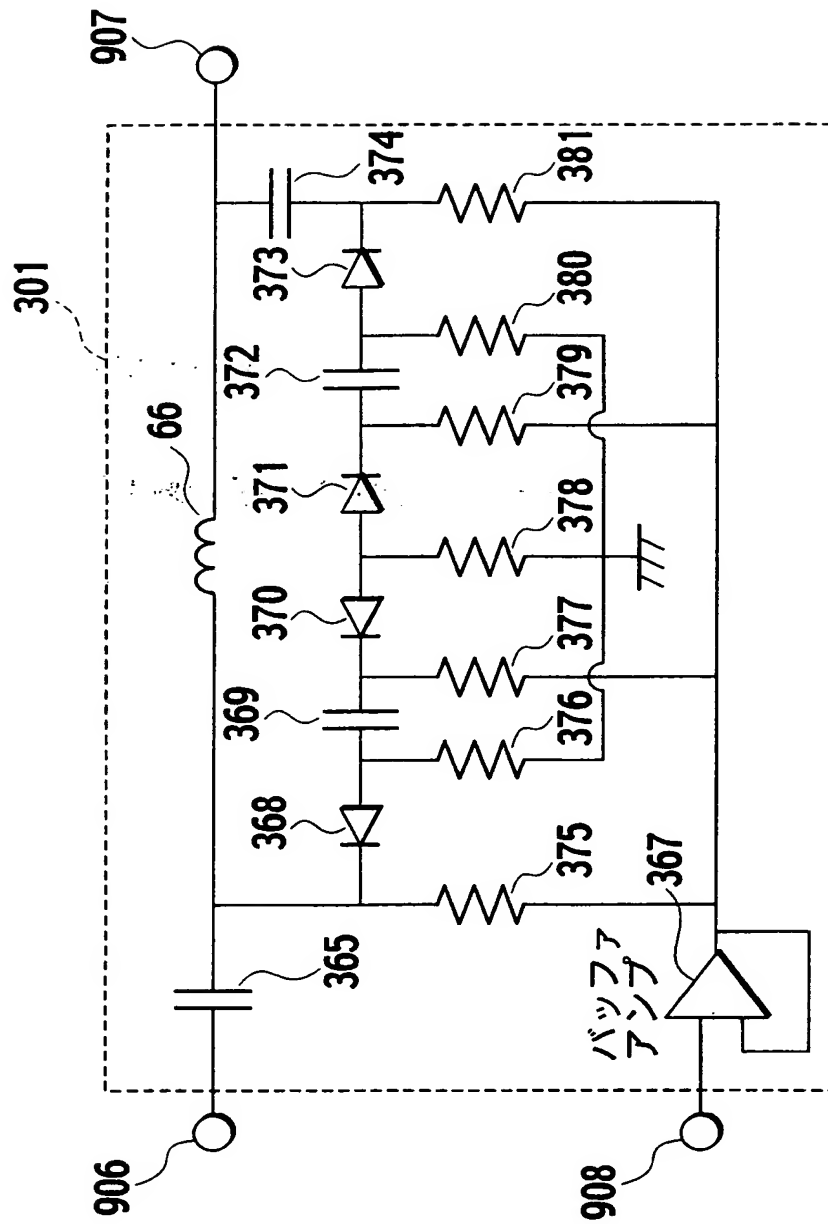
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

[図28]



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

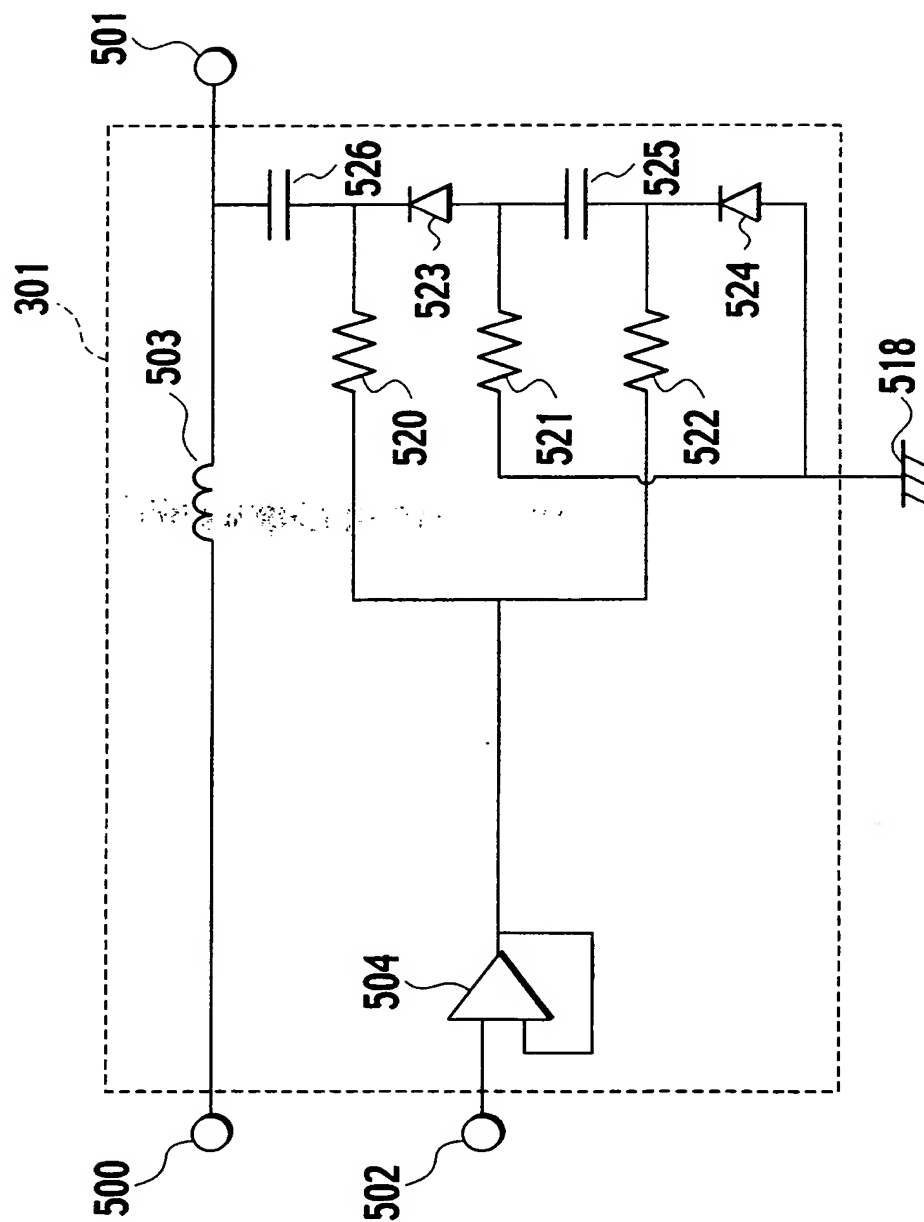
[図29]



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

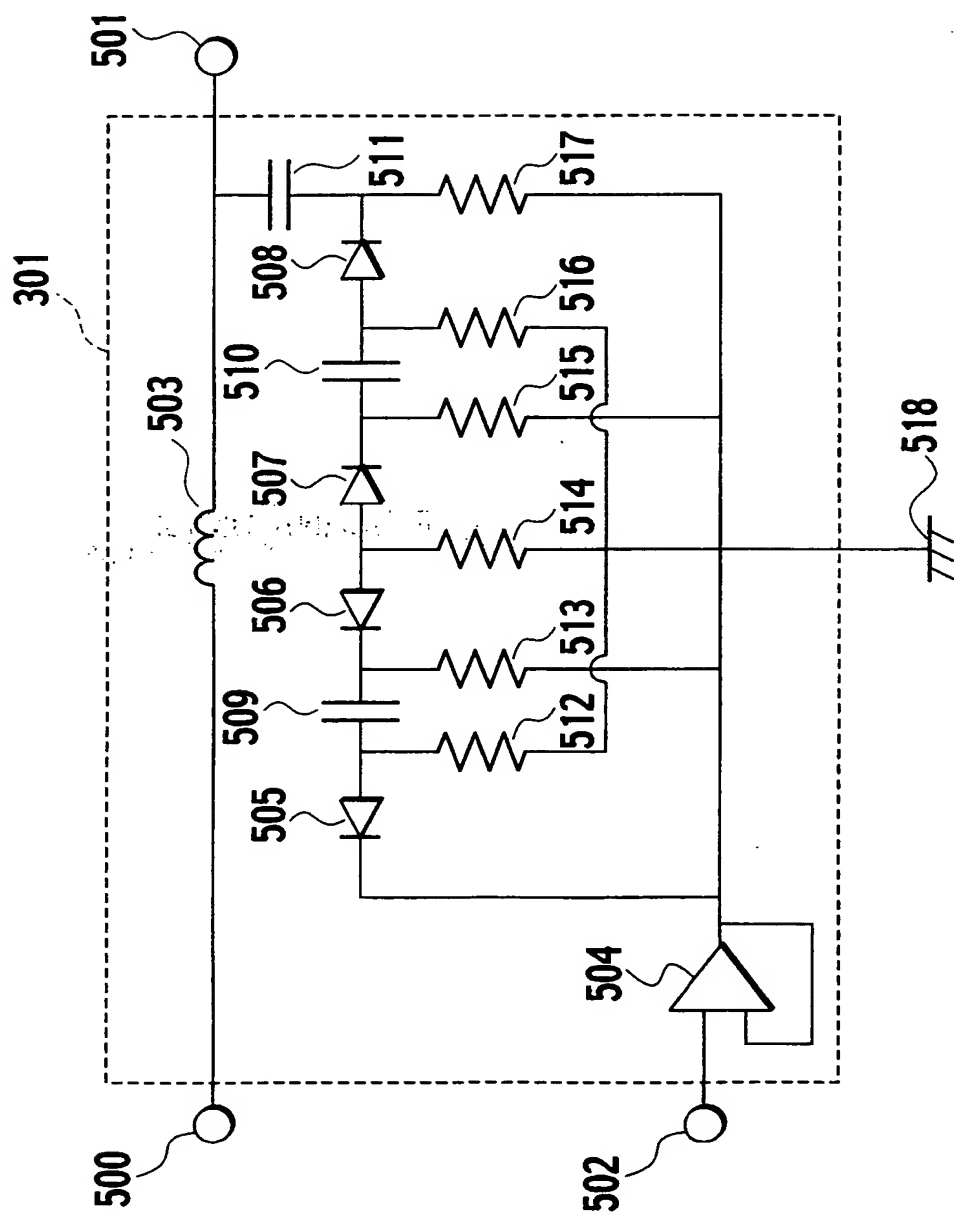


[図30]



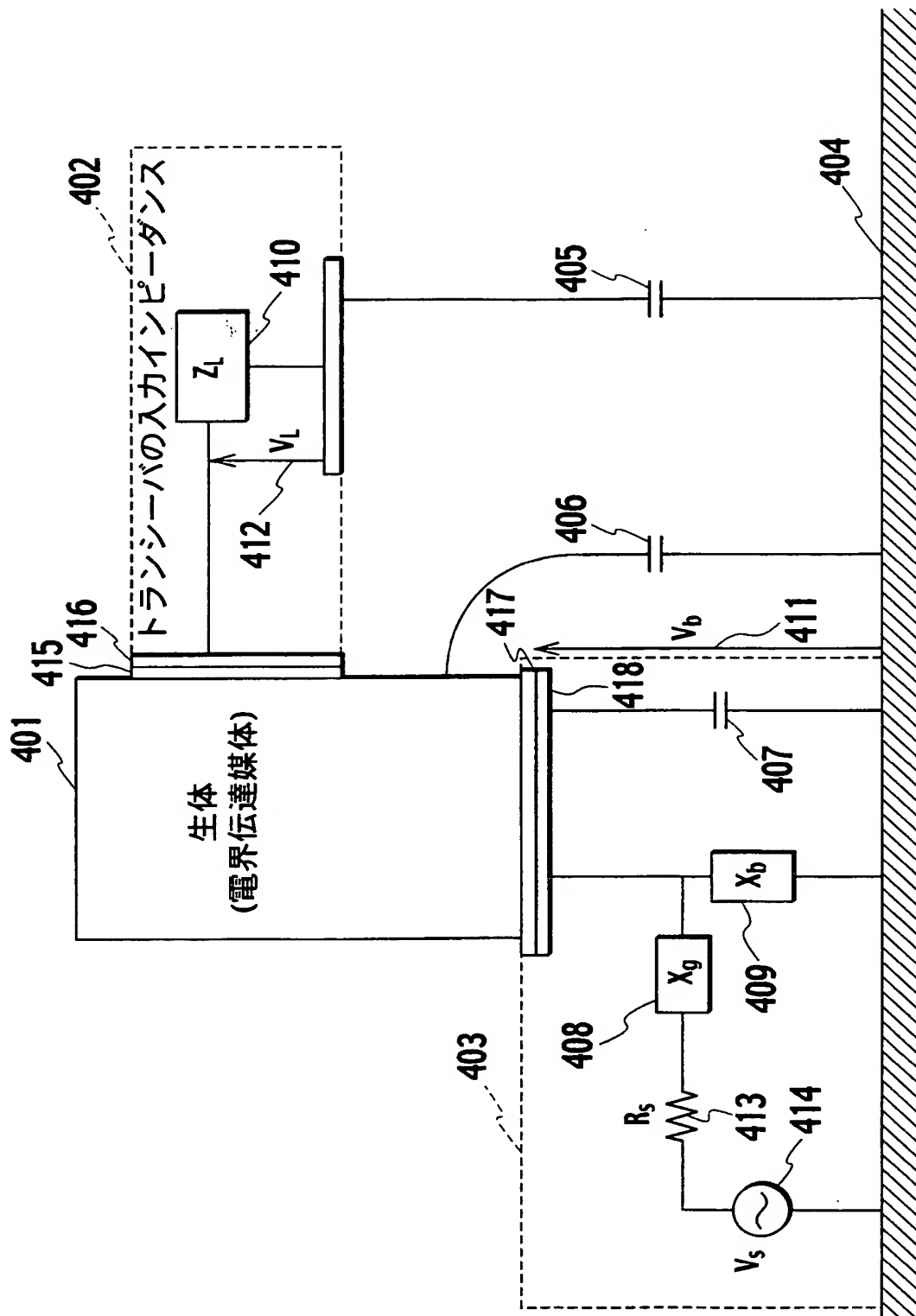
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

[図31]



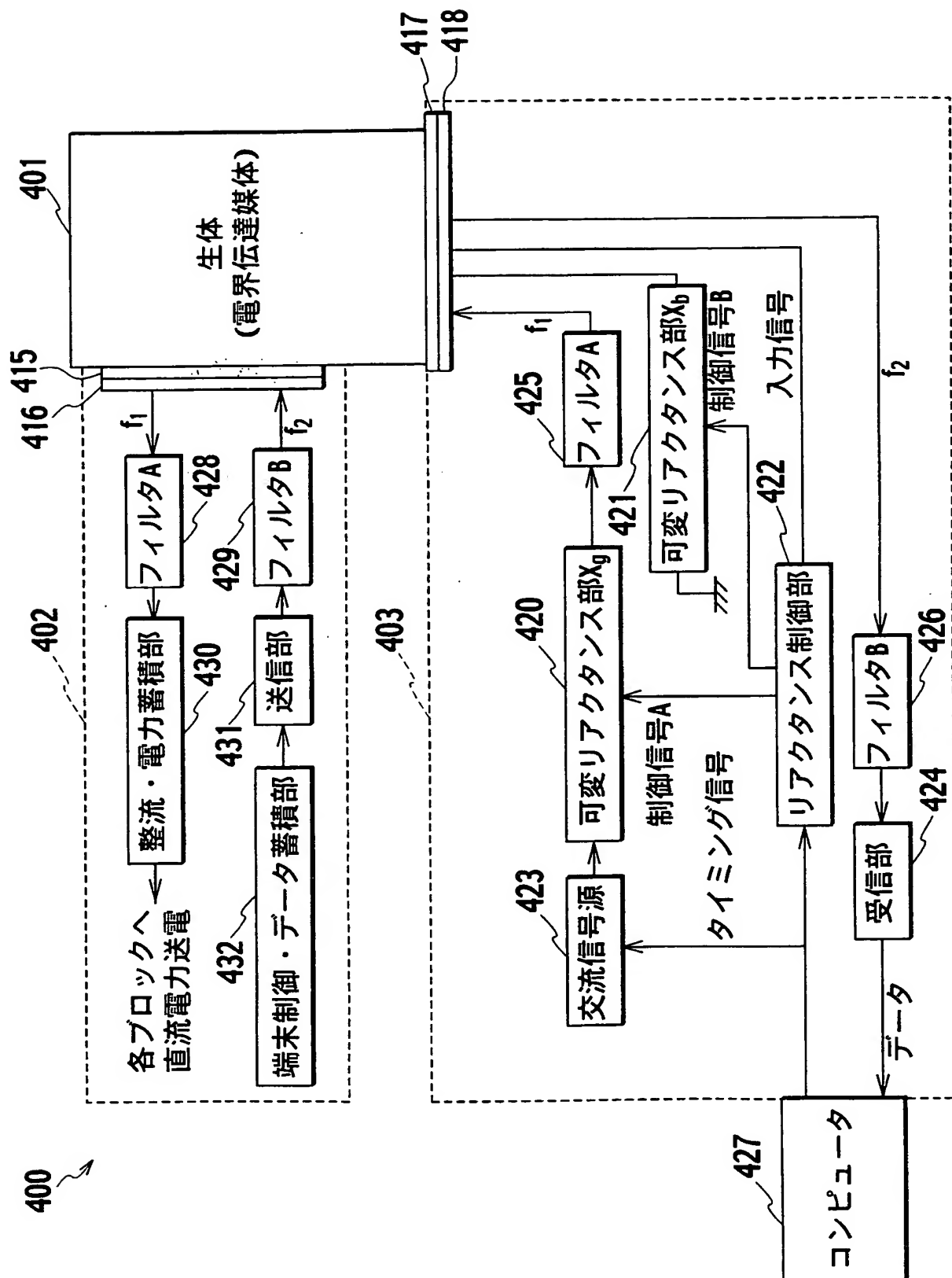
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

[図32]



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

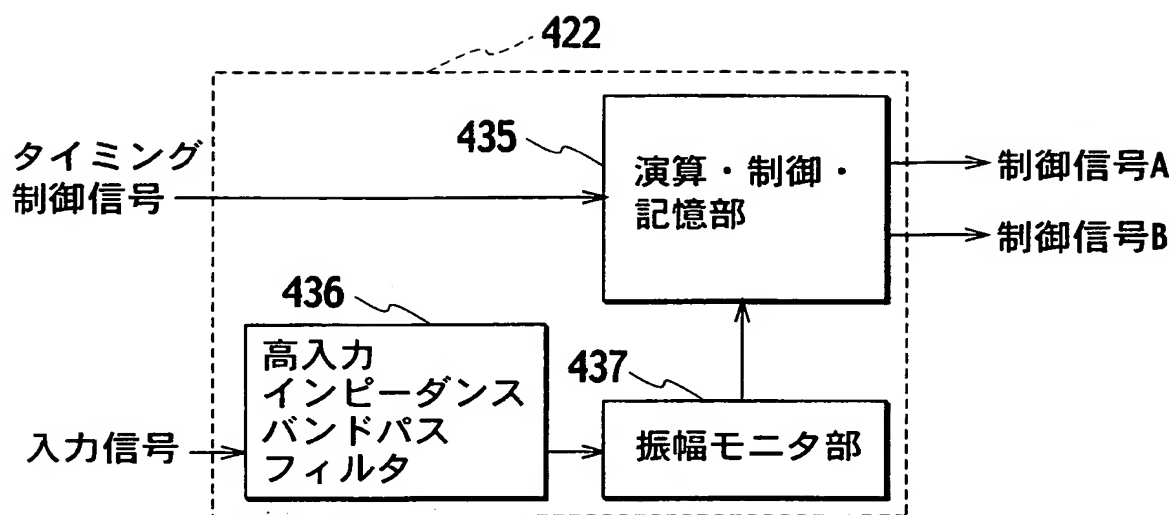
[図33]



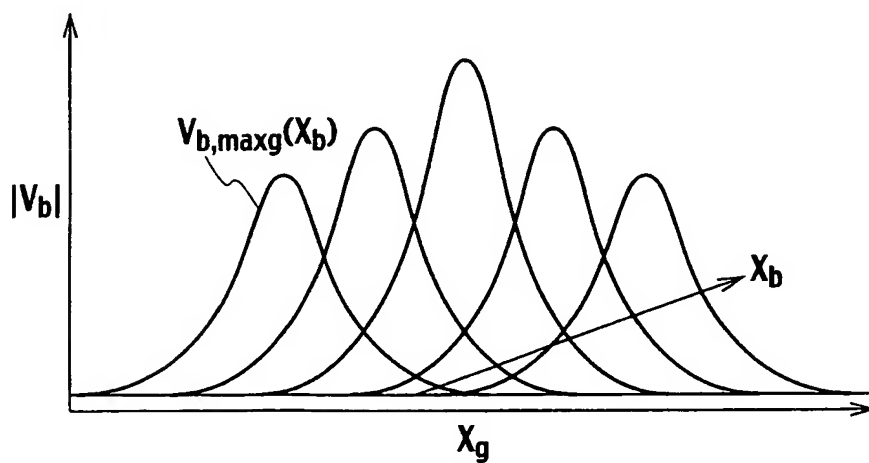
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



[図34]

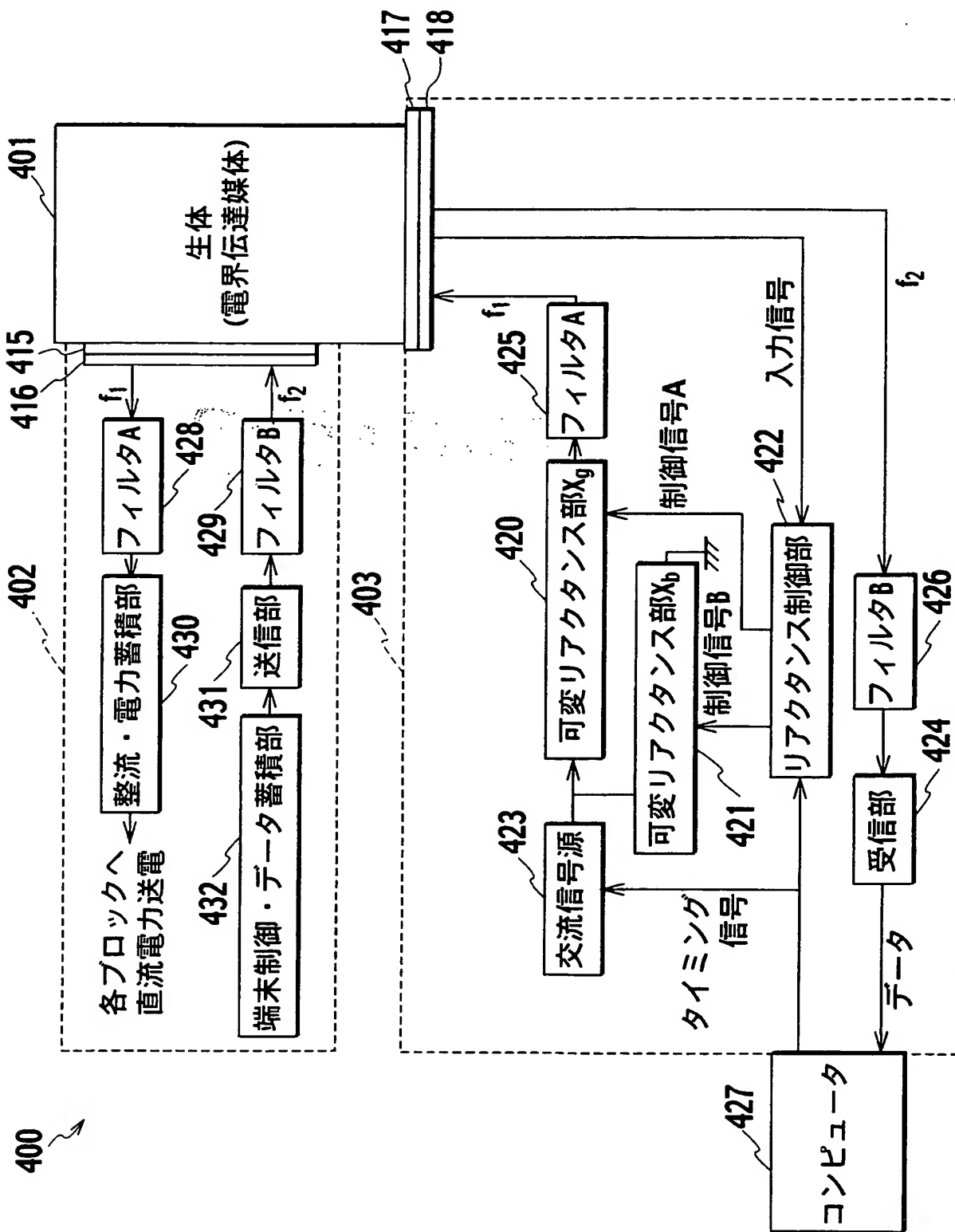


[図35]



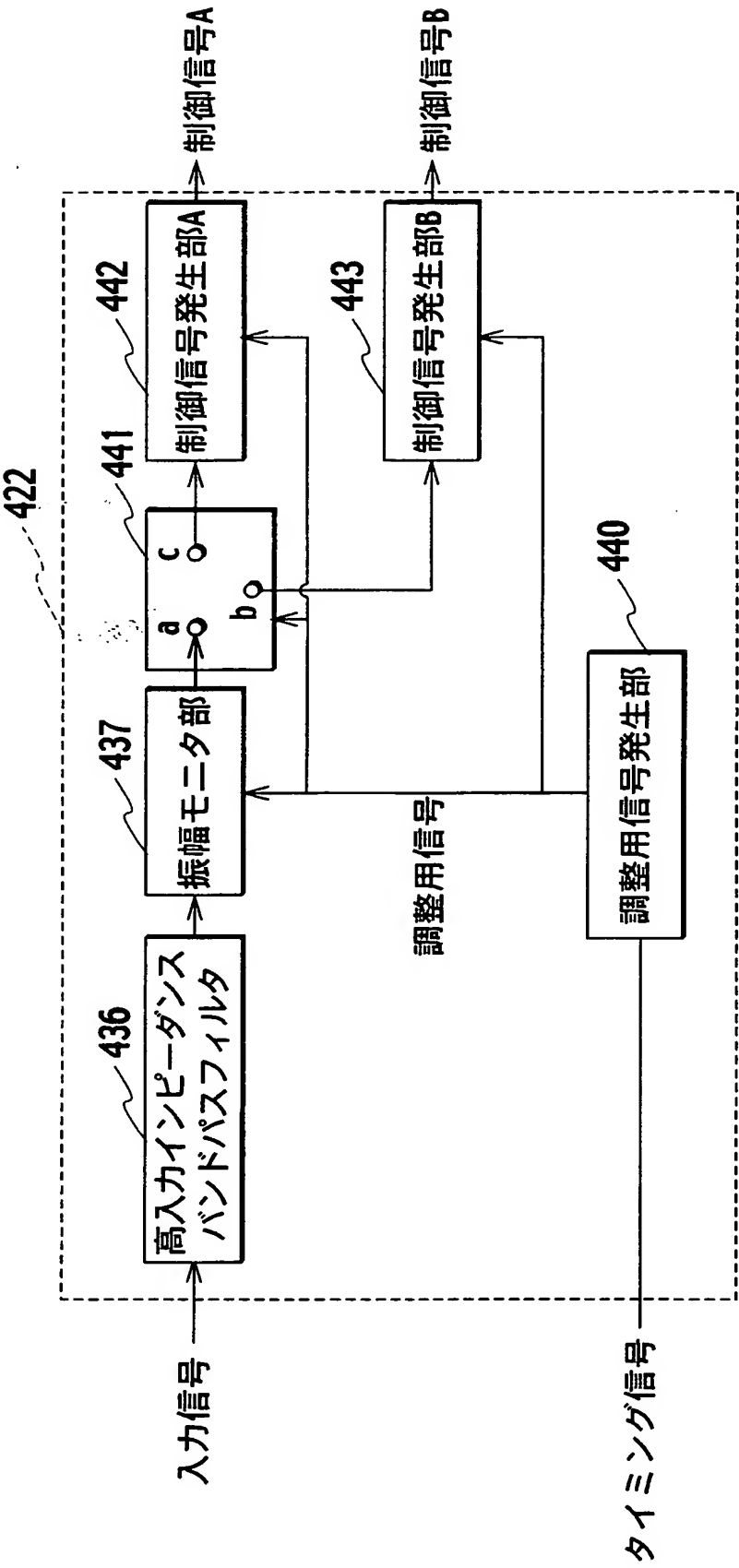
THIS PAGE BLANK (USPTO)

[図36]



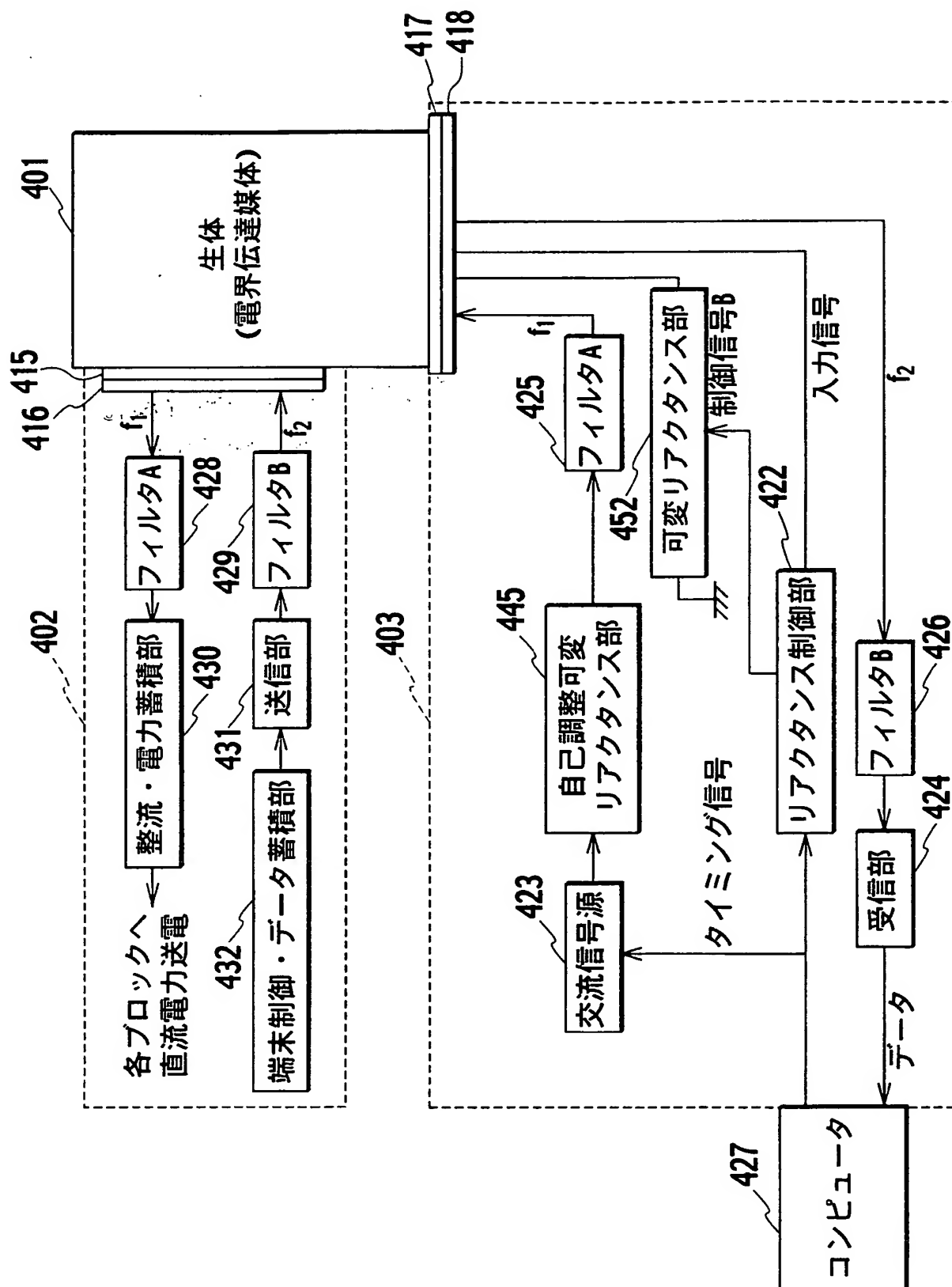
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

[図37]



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

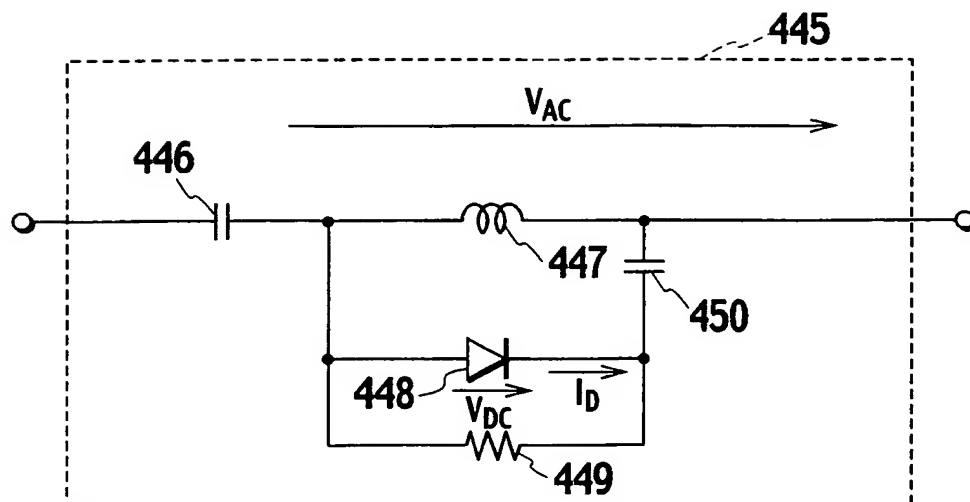
[図38]



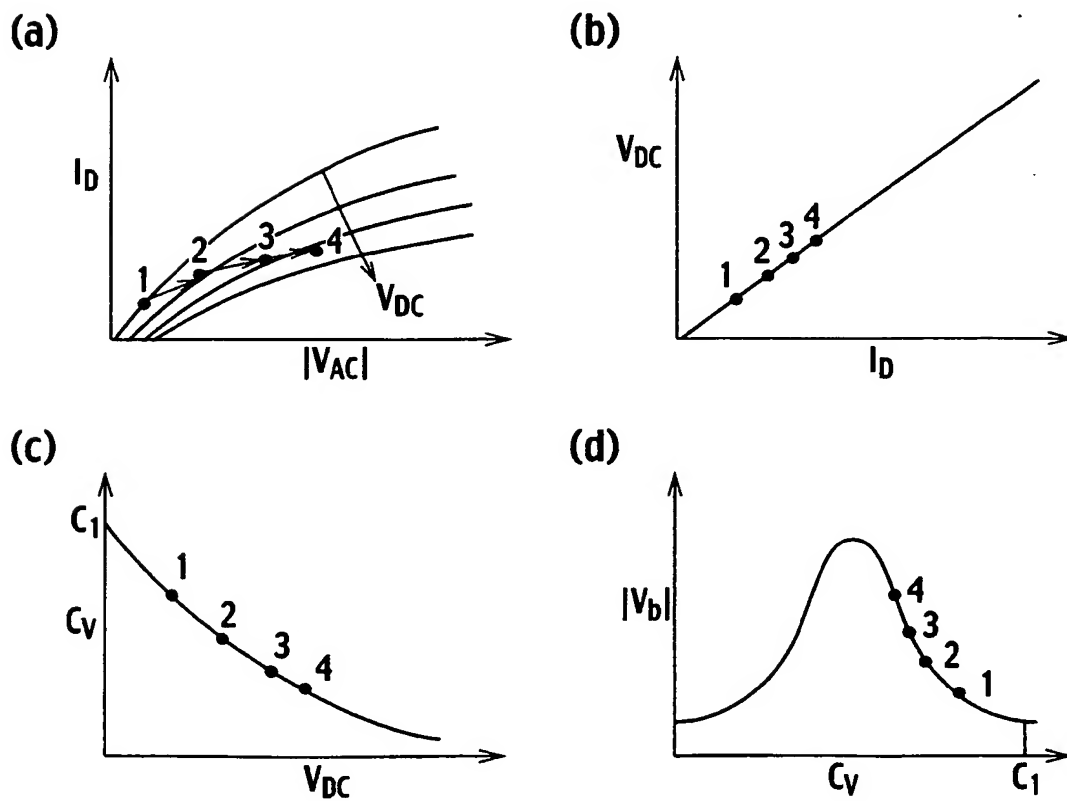
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



[図39]

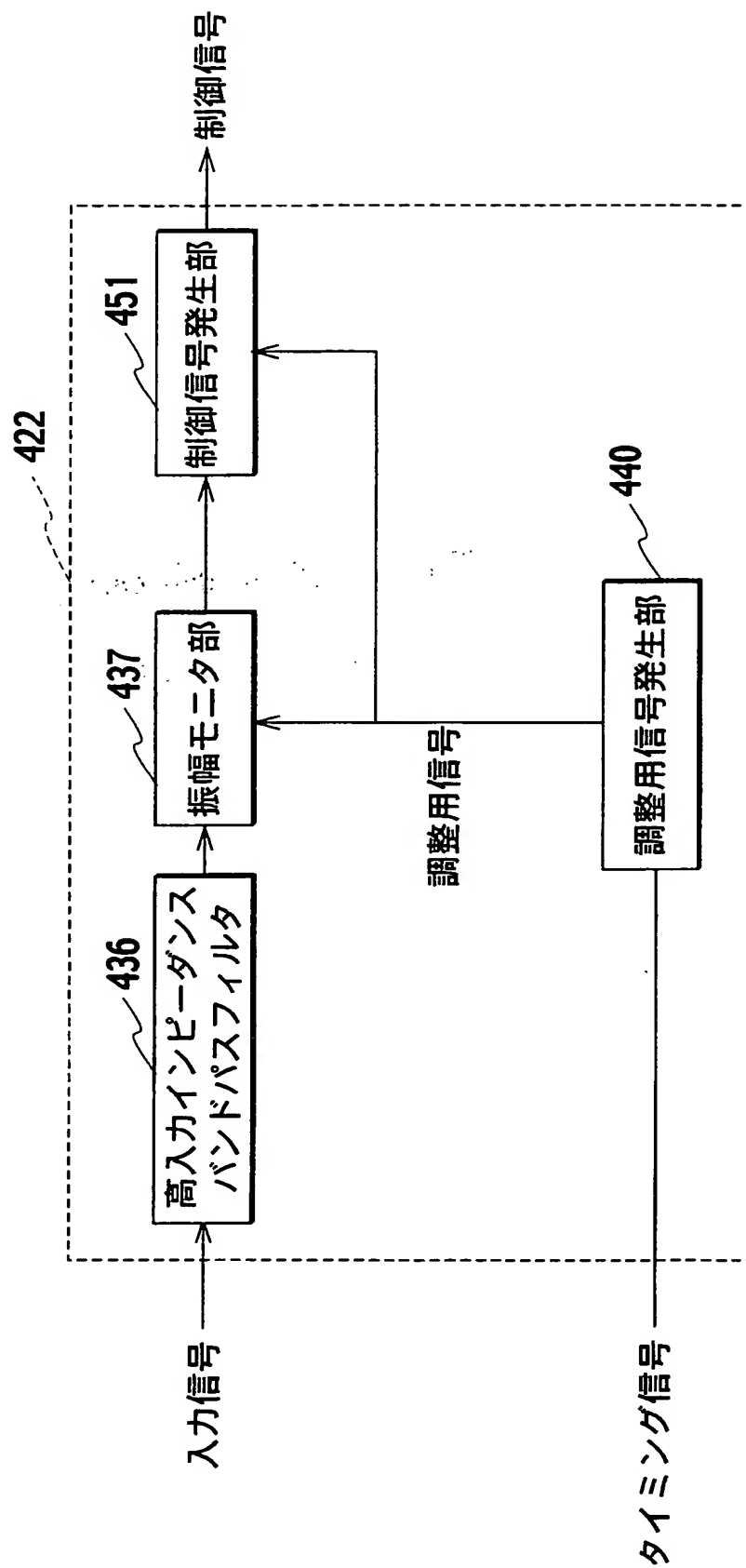


[図40]



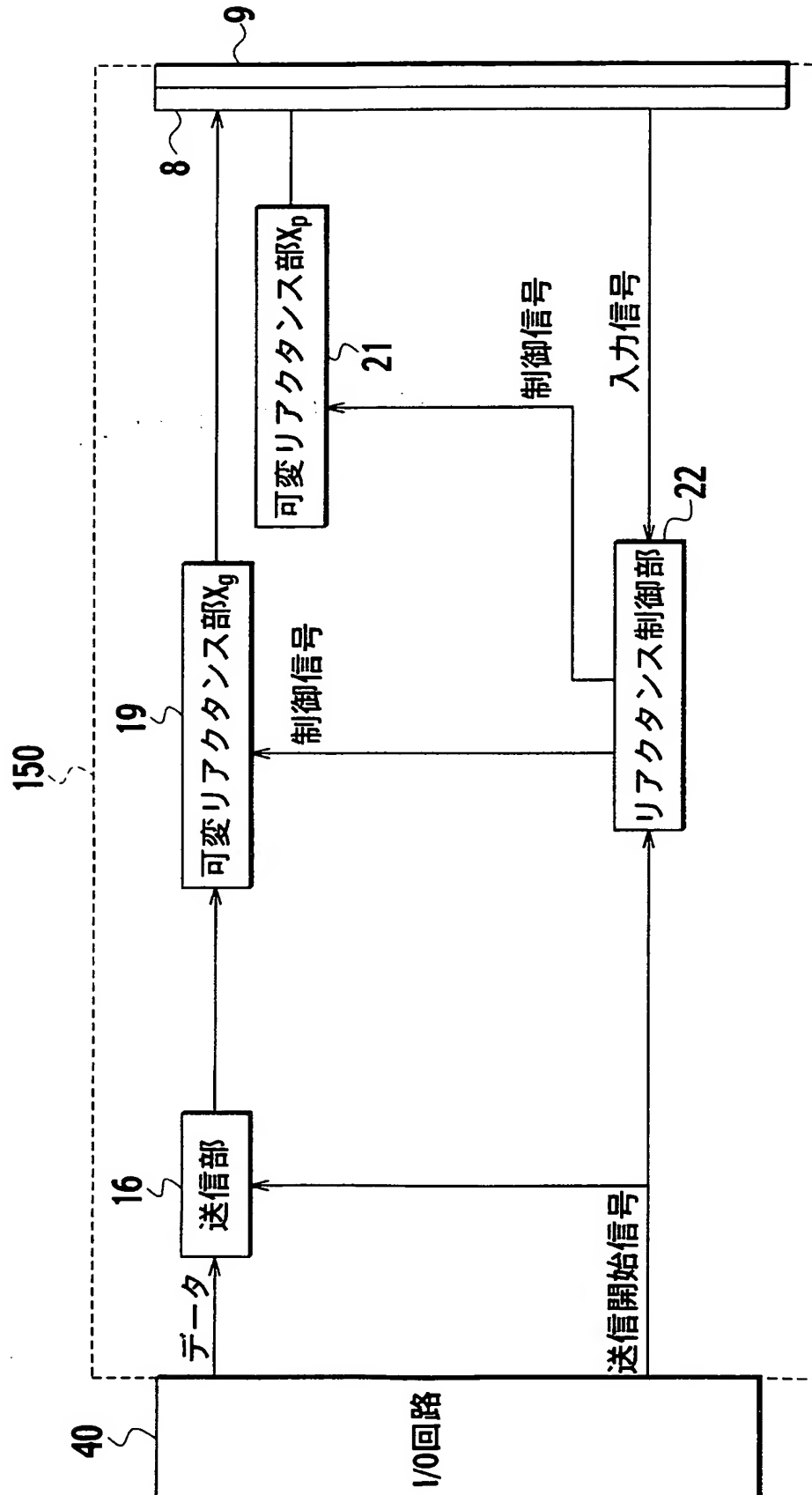
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

[図41]



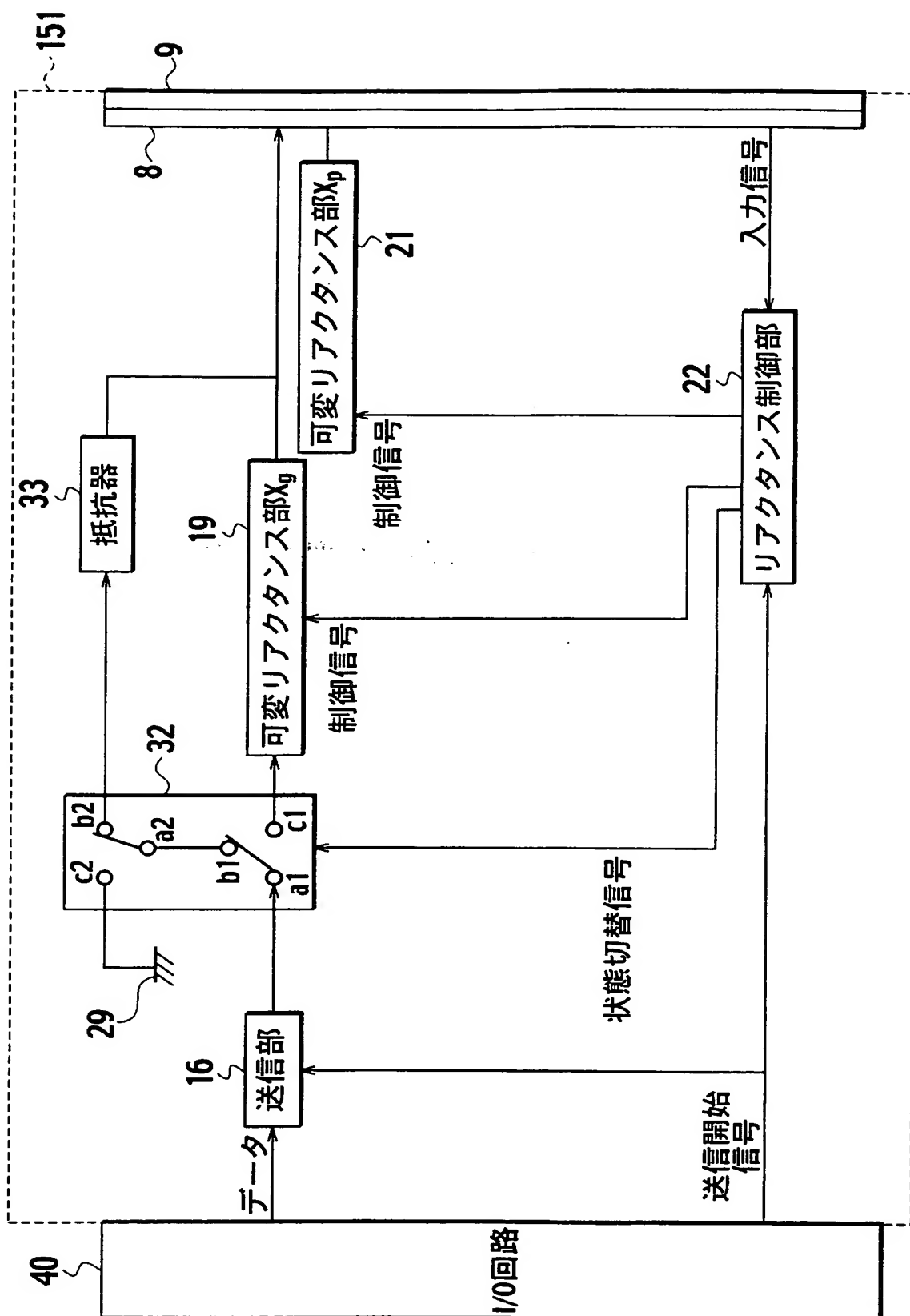
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

[図42]



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

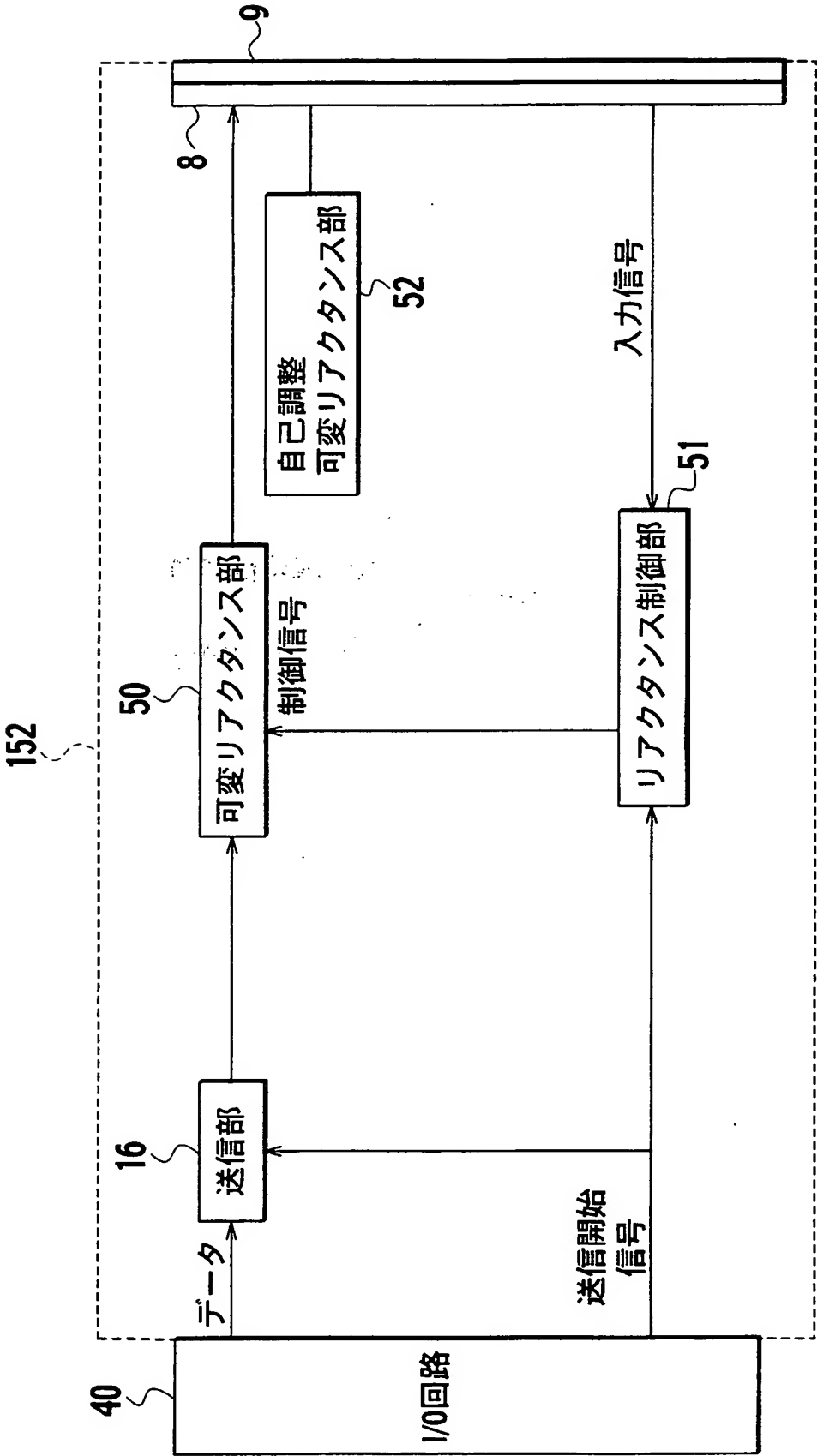
[図43]



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

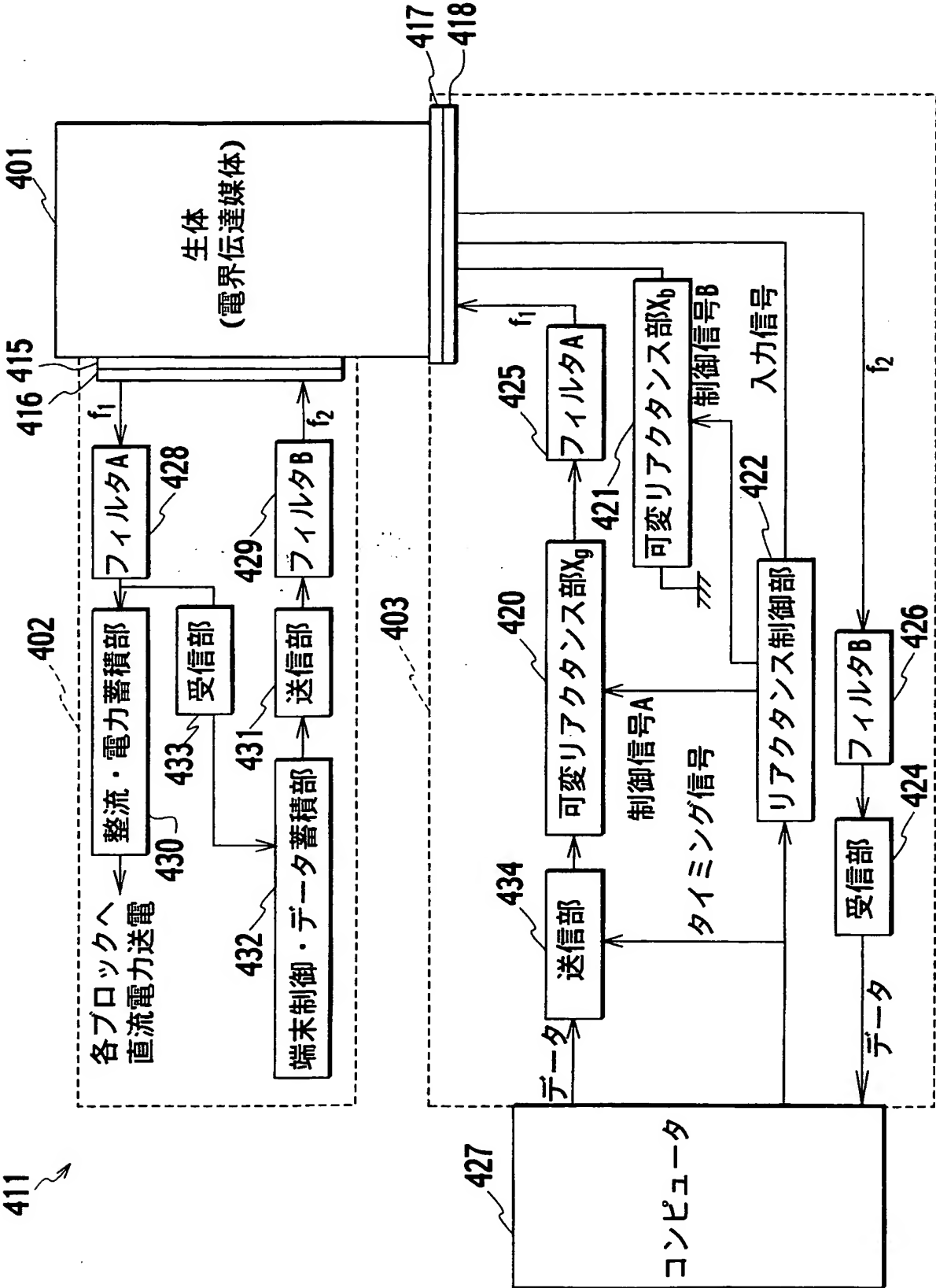


[図44]



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

[図45]



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**